كيمياء السادس العلمي الاحيائي

اعداد الاستاذ خالد الدليمي

Name: ____________________

Institute: ____________________

Group: ____________________

No: ____________________



Chemistry

School Timetable

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	FRI	SAT

مراجعة لما سبقت دراسته



أولاً: الوحدات حسب النظام الدولي للوحدات (SI)

الكمية الفيزيائية	اسم الوحدة	رمز الوحدة
الكتلة (mass)	كيلوغرام	كغم (kg)
الطول (length)	متر	م (m)
الزمن (time)	ثانية	ثا (s)
درجة الحرارة (temperature)	كلفن	كلفن (k)
كمية المادة (quantity)	مول (mole)	مول (mol)
التيار الكهربائي (electric current)	أمبير	أمبير (A)

* ويمكن استخدام الوحدات المشتقة من هذه الوحدات مثل الغرام (g) و السنتيمتر (cm) إذا تطلبت الحسابات استخدامها.

ملاحظة

1. كل كيلو = 1000 .
2. عند التحويل من الكبير الى الصغير نضرب في معامل التحويل.
3. عند التحويل من الصغير الى الكبير نقسم على معامل التحويل.

ثانياً: بعض القوانين المستخدمة في الحسابات

1. حساب الكتلة المولية (M): هي عدد الغرامات التي يحتويها مول واحد من المادة (g/mol).

حساب الكتلة المولية M

- **الكتلة المولية للمركب:** $M_{\text{للمركب}} = (\text{عدد ذرات العنصر الأول} \times \text{كتلته الذرية}) + (\text{عدد ذرات العنصر الثاني} \times \text{كتلته الذرية}) + (\text{الخ})$
- **الكتلة المولية للعنصر:** $M_{\text{للعنصر}} = \text{عدد ذرات العنصر} \times \text{كتلته الذرية}$
- $M_{g/mol} = \dfrac{m_{(g)}}{n_{(mol)}}$

مثال 1: احسب الكتلة المولية لمركب كاربونات الصوديوم Na_2CO_3 وفوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$؟

الكتل الذرية للعناصر: Ca = 40 ، P = 31 ، C = 12 ، O = 16 ، Na = 23

ج:

1- $M(Na_2CO_3) = \underbrace{(2 \times 23)}_{Na} + \underbrace{(1 \times 12)}_{C} + \underbrace{(3 \times 16)}_{O}$

$= 46 + 12 + 48 = 106\ g/mol$

2- $M\ Ca_3(PO_4)_2 = (3 \times 40) + (2 \times 1 \times 31) + (4 \times 2 \times 16)$

$= 120 + 62 + 128 = 310\ g/mol$



س 1: احسب الكتل المولية للمركبات الآتية: H_2SO_4 , $Ca(OH)_2$, NaOH

للكتل الذرية: H = 1 , O = 16 , S = 32 , Na = 23 , Ca = 40

ج:

1.
2.
3.



أ.خالد الدليمي 07813351668

2. حساب عدد المولات (n):

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة بالغرام}}{\text{الكتلة المولية غرام/مول}}$$

$$n = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)}$$



مثال 2: احسب عدد مولات كاربونات البوتاسيوم K_2CO_3 الموجودة في 22g من هذا المركب؟

الكتل الذرية: $O = 16$ ، $C = 12$ ، $K = 39$

ج:

$$M\ (K_2CO_3) = 2 \times 19 + 1 \times 12 + 3 \times 16$$
$$= 138\ g/mol$$
$$n = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)}$$
$$= \frac{22\ g}{138\ g/mol}$$
$$= 0.16\ mol$$



س 2: احسب عدد مولات الأمونيا NH_3 الموجودة في 85g منها.

علماً بأن الكتل الذرية لـ $H = 1$ ، $N = 14$؟

ج:

$$M_{NH_3} = \overbrace{(14 \times 1)}^{N} + \overbrace{(3 \times 1)}^{H}$$
$$= 17\ g/mol$$
$$n_{NH_3} = \frac{m}{M}$$
$$= \frac{85\ g}{14\ g/mol}$$
$$\boxed{n_{NH_3} = 5\ mol}$$



4. حساب المولارية (M) أو التركيز المولاري: هو عدد المولات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول.

$$M = \frac{n}{V} \qquad M = \frac{m}{M.V}$$

* يقاس المولارية بوحدة mol/L أو بوحدة M (المولارية)

$$1000mL = 1000cm^3 = 1L$$

هنالك قانونين للمولارية

س: أيهما نستخدم في السؤال؟

ج: حسب معلومات السؤال نختار القانون المناسب.

مثال3: تم اذابة 53g من كاربونات الصوديوم Na_2CO_3 في دورق حجمي سعته 5L احسب التركيز المولاري لهذا المحلول؟

الكتل الذرية لـ: C = 12 ، O = 16 ، Na = 23

ج:

$$M(Na_2Co_3) = (2 \times 23) + (1 \times 12) + (3 \times 16) = 106\ g/mol$$

$$M_{\text{المولارية}} = \frac{m}{M.V} = \frac{53g}{106g/mol \times 5L} = \frac{53}{530} = 0.1\ mol/L\ (M)$$

مثال4: تم اذابة 15g من حامض الخليك CH_3COOH في 150mL من الماء وضعت في دورق حجمي سعته نصف لتر وأكمل الحجم لحد العلامة. احسب مولارية المحلول؟

الكتل الذرية: H = 1 ، O = 16 ، C = 12

ج:

$$M[CH_3COOH] = (2 \times 12) + (4 \times 1) + (2 \times 16) = 60\ g/mol$$

$$[CH_3COOH] = \frac{m}{M.V} = \frac{15}{60 \times 0.5} = \frac{15}{30} = 0.5M$$

أ.خالد الدليمي 07813351668

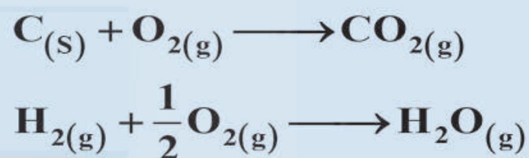
النظام ⟺ تفاعل ⟺ تغير

تغير

كيميائي

إذا أدت المعادلة الى تكوين مادة أو مواد جديدة تختلف عن المواد المتفاعلة

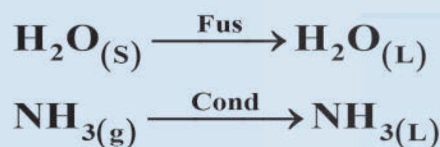
مثال:



فيزيائي

إذا تغيرت حالة المادة فقط دون تغير صيغها الكيميائية

مثال:



كمية المادة = عدد مولات المادة

عدد مولات

عدد مولات

الفصل الأول

(الثرموداينمك)

الثرموداينمك: هو علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ومثال ذلك تحويل الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود إلى طاقة ميكانيكية.

س1: ما الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك في مجال الكيمياء؟

1. سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.
2. التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة واحدة أو أكثر عند ظروف معينة.
3. حدوث بعض التفاعلات تلقائياً وأخرى لا تحدث أبداً بشكل تلقائي تحت نفس الظروف.
4. سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية سواء في التفاعلات نفسها أو في الوسط المحيط بها.

س2: ما هو نص القانون الأول في علم الثرموداينمك؟

ج: ينص القانون على ان (الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى أخر).

انتبه: علم الثرموداينمك لا يهتم بالزمن ولا بسرعة التفاعل فهو ينبئ فيما اذا كان التفاعل قابل للحدوث أو غير قابل للحدوث.

أنواع الطاقة

الطاقة الكامنة (PE)

هي الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود.

الطاقة الحركية (KE)

هي طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزئيات والماء المتحرك والسيارات ... الخ.

وحدات الطاقة ودرجة الحرارة

ان الوحدات المستخدمة للتعبير عن الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات (SI) هو الجول ورمزه (J).

الجول: هو وحدة قياس الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات. (وزاري)

ملاحظة:

تقاس درجة الحرارة بوحدة الكلفن فإذا كانت درجة الحرارة بوحدة السيليزية فتحول الى الكلفن حسب العلاقة الآتية:

$$T(K) = t(C^\circ) + 273$$

ملاحظة:

الطاقة الحركية KE فإنها تساوي نصف في الكتلة في مربع السرعة:

$$KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

مثال 1: اذا تحرك جسم كتلته 2kg مسافة متر واحد (1m) خلال ثانية واحدة (1s) فانه سيمتلك طاقة حركية (KE) مقدارها (1J) أثبت ذلك؟

ج: السرعة $(V) = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$

$$KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$KE = \frac{1}{2} (2kg)(1\ m/s)^2 = 1\ kg.m^2/S^2 = 1J$$

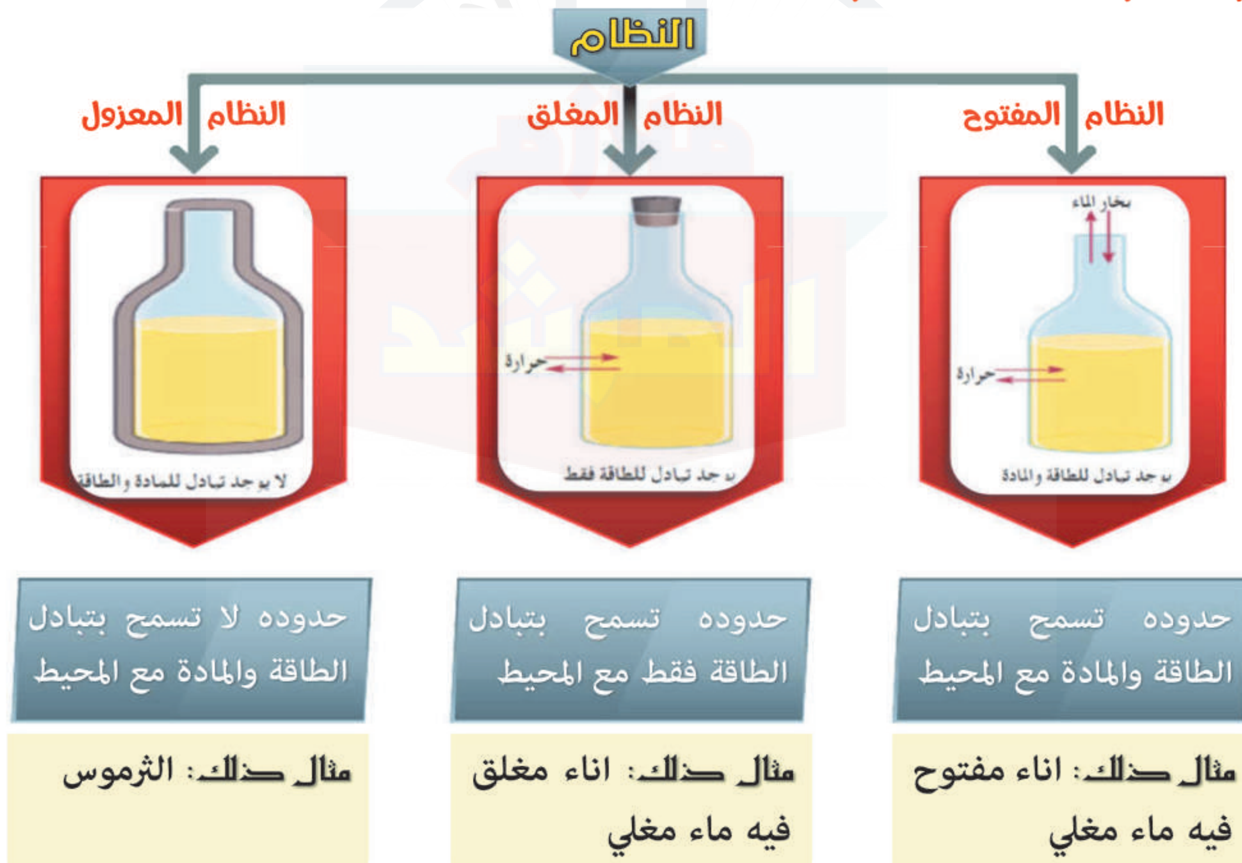
بعض المصطلحات الثرموداينمكية:

1. **النظام الثرموداينمكي:** هو ذلك الجزء من الكون نهتم بدراسته. يتكون من المادة أو المواد المشتركة في حدوث تفاعل كيميائي وتغير فيزيائي. وللنظام حدود قد تكون حقيقية او تخيلية وخارج حدود النظام يسمى بالمحيط.

2. **المحيط:** هو كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغيرات الكيميائية والفيزيائية.

3. **المجموعة:** يطلق على النظام والمحيط بالمجموعة: (المجموعة = النظام + المحيط). (وزاري)

يقسم النظام الى ثلاثة أقسام:



كمية الحرارة: ويرمز لها بالرمز (q) وهي انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين درجة حرارتهما مختلفة. حيث تنتقل الحرارة بشكل تلقائي من الجسم الحار الى الجسم البارد.

وتتناسب الحرارة المفقودة أو المكتسبة لجسم ما طردياً مع التغيير في درجات الحرارة (ΔT).

حيث ان: $\Delta T_{c}^{\circ} = Tf_{c}^{\circ} - Ti_{c}^{\circ}$

حيث ان: Tf: تعني درجة الحرارة النهائية وهي مختصر لـ (final).

Ti: تعني درجة الحرارة الابتدائية وهي مختصر لـ (initial).

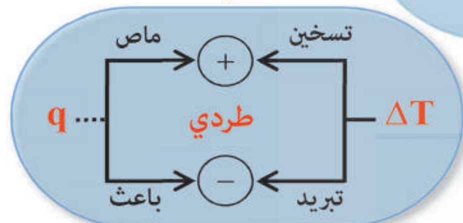
درجة الحرارة: هي مقياس للطاقة الحرارية.

لذا يكتب التناسب بين الحرارة (q) والتغير في درجة الحرارة حسب العلاقة:

$q \ \alpha \ \Delta T$ ----- طردي

اذا كان انتقال الحرارة من المحيط الى النظام ⟵ ماص موجب $q = +$

اذا كان انتقال الحرارة من النظام الى المحيط ⟵ باعث سالب $q = -$



السعة الحرارية (C): تعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقاسة بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة.
ووحداتها هي (J/C°).

الحرارة النوعية (ς) (زيتا): وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد (1g) من اي مادة درجة سيليزية واحدة.
ووحدة قياسها هي (J/g.C°).

س (1 – 6) ك: ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية وما وحدات هاتين الكميتين؟

ج:

السعة الحرارية (C)	الحرارة النوعية (ς)
1. كتلة المادة غير محددة.	1. كتلة المادة محددة ومقدارها غرام واحد.
2. وحدتها هي (J/C°).	2. وحدة قياسها هي (J/g.C°).
3. من الخواص الشاملة.	3. من الخواص المركزة.

قوانين (q)

$q = ϛ . m . \Delta T$

$q = C \times \Delta T$

$C = ϛ . m$

مثال (1 – 1): احسب كمية الحرارة الناتجة من تسخين قطعة من الحديد كتلتها (870g) من (5C°) الى (95C°) علماً بأن الحرارة النوعية للحديد هي (0.45J/g.C°)؟

ج:

$q = ϛ \times m \times \Delta T$

$\Delta T = T_f - T_i = 95 - 5 = 90\ C^o$

$q = 0.45\ (J/g.C^o) \times 870\ (g) \times 90\ C^o$

$q = 35235\ J$

ولتحويلها الى وحدة الكيلو جول (KJ) فنقسم الناتج على (1000):

$$q = (KJ) = \frac{35235}{1000} = 35.2\ (KJ)$$

س (1–9) ك: قطعة من الفضة كتلتها (360g) وسعتها الحرارية 86(J/C°) احسب حرارتها النوعية؟

ج:

$C = ϛ \times m$

السعة الحرارية = الحرارة النوعية × الكتلة

$$ϛ = \frac{C}{m} = \frac{86\ (J/C^o)}{360\ (g)}$$

$ϛ = 0.24\ (J/g.C^o)$

أ.خالد الدليمي 07813351668

س (1–10) ك: قطعة من النحاس كتلتها (6g) سخنت من (21C°) الى (124C°) احسب كمية الحرارة بوحدات الكيلوجول (KJ) اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس 0.39 (J/g.C°)؟

ج:

$$\Delta T = T_f - T_i = 124 - 21 = 103\ C^o$$

$$q = \text{ς} \times m \times \Delta T$$

$$q = 0.39\ (J/g.C^o) \times 6\ (g) \times 103\ C^o$$

$$q = 241\ J$$

$$q = (KJ) = \frac{241}{1000} = 0.241\ (KJ)$$

س (1–11) ك: احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدة الكيلوجول (KJ) من 350g زئبق عند تبريدها من (77C°) الى (12C°). اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق 0.14 (J/g.C°)؟

ج:

$$\Delta T = T_f - T_i = 12 - 77 = -65\ C^o$$

$$q = \text{ς} \times m \times \Delta T$$

$$q = 0.14\ (J/g.C^o) \times 350\ (g) \times -65\ C^o$$

$$q = -3185\ J$$

$$q = (KJ) = \frac{-3185}{1000} = -3.2\ (KJ)$$

س (1–12) ك: اذا تم رفع درجة حرارة 34g من الايثانول من 25C° الى 79C° احسب كمية الحرارة الممتصة بواسطة الايثانول اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول 2.44 (J/g.C°)؟

ج:

$$\Delta T = T_f - T_i = 79 - 25 = 54\ C^o$$

$$q = \text{ς} \times m \times \Delta T$$

$$q = 2.44\ (J/g.C^o) \times 34\ (g) \times 54\ C^o$$

$$q = 4479.84\ J$$

تمرين (1–1): تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنيسيوم كتلتها 10g من $25C^{\circ}$ الى $45C^{\circ}$ مع اكتساب حرارة مقدارها 205J احسب الحرارة النوعية للمغنيسيوم؟

ج:

$$\Delta T = T_f - T_i = 45 - 25 = 20\ C^{o}$$

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$\varsigma = \frac{g}{m\ .\ \Delta T}$$

$$\varsigma = \frac{205}{10 \times 20} = \frac{205}{200}$$

$$\varsigma = 1.025\ J/g.C^{\circ} \simeq 1.03 J / g.C^{\circ}$$

س (1–13) ك: سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من درجة حرارة $25C^{\circ}$ الى $40C^{\circ}$ مما أدى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700J. احسب الحرارة النوعية لهذه المادة؟

ج:

$$\Delta T = T_f - T_i = 40 - 25 = 15\ C^{o}$$

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$\varsigma = \frac{g}{m\ .\ \Delta T}$$

$$\varsigma = \frac{5700}{155 \times 15} = \frac{5700}{2325}$$

$$\varsigma = 2.45\ J/g.C^{o}$$

س (1–14) ك: 4.5g من حبيبات ذهب امتصت 276J من الحرارة عند تسخينها فإذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت $25C^{\circ}$. احسب درجة الحرارة النهائية التي سخنت اليها، اذا علمت ان الحرارة النوعية للذهب هي $0.13\ (J/g.C^{\circ})$ ؟

ج:

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{q}{\varsigma \times m} = \frac{276}{0.13 \times 4.5} = \frac{276}{0.585}$$

$$\Delta T = 471.8 \simeq 472$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$472 = T_f - 25 \Rightarrow \boxed{T_f = 472 + 25 \quad T_f = 497\ C^{o}}$$

دالة الحالة (state function)

س (1–4) ك: ماذا نعني بدالة الحالة مع ذكر مثالين ومثال آخر على دالة المسار؟ (دالة غير حالة)

ج: دالة الحالة (state function): هي تلك الخاصية أو الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق أو المسار الذي تم من خلاله التغير.

ومن أمثلة دالة الحالة: (الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة).

دالة المسار: وهي دالة تتغير قيمها بتغير مسار التفاعل. ومثال ذلك الحرارة والشغل.



علل: ان الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس دالة حالة وهي خاصية شاملة؟

ج: لانها تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير وكذلك تعتمد على كمية المادة في النظام.



علل: لا تعتبر الحرارة والشغل دالة حالة وانما هي دالة مسار؟

ج: ان الحرارة والشغل تتغير قيمتها بتغير مسار التفاعل وبالتالي لا تعتبر دالة حالة.



س: وزاري: تقسم الخواص العامة للمواد الى: .... و ....

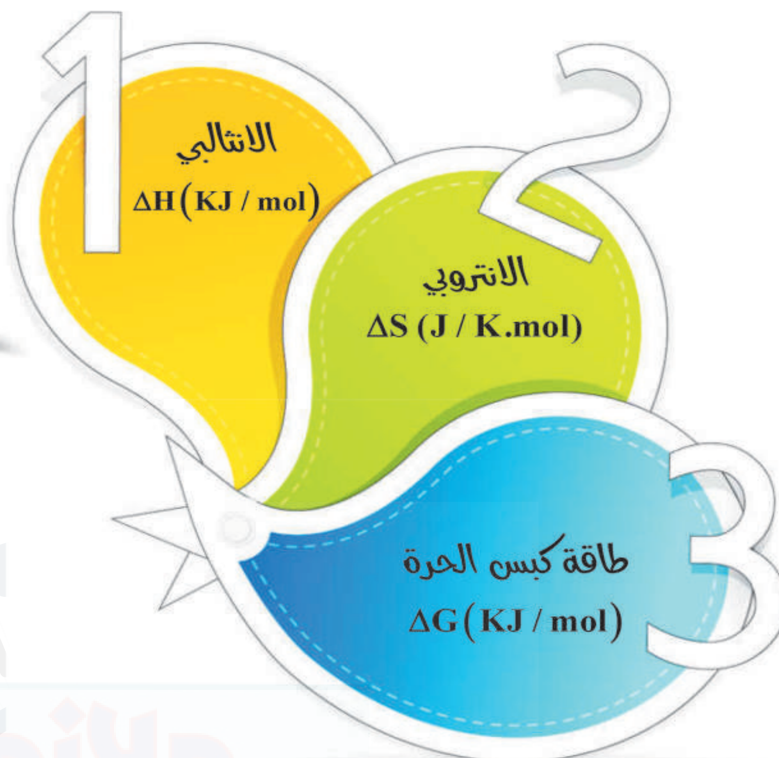


س (1–7) ك: (وزاري): ما الفرق بين الخواص الشاملة والخواص المركزة مع الأمثلة؟

ج:

الخواص الشاملة	الخواص المركزة
وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام.	وتشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام.
مثل الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة والسعة الحرارية.	مثل الضغط ودرجة الحرارة والحرارة النوعية والكثافة.





دالة الحالة

خاصية شاملة

(تعتمد على كمية المادة في النظام)

(ΔH) حرارة التفاعل (التغير في الانثالبي)

الانثالبي (H): هو دالة حالة ثرموداينميكية وخاصية شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة المقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها بالرمز (H)، ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها، وتقاس بوحدة (J / mol) KJ / mol.

أي ان التغيير في الانثالبي (ΔH) يقاس عند ضغط ثابت لأي تفاعل حسب العلاقة: $(\Delta H) = q_p$

حيث ان q_p تمثل الحرارة المقاسة عند ضغط ثابت.

ويجب ملاحظة التغير في انثالبي التفاعل يساوي:

$$\Delta H_r = \Delta H_p - \Delta H_R$$

حرارة التفاعل — نواتج — متفاعلات

ΔH_r: التغير في حرارة التفاعل.

ΔH_p: التغير في حرارة النواتج.

ΔH_R: التغير في حرارة المتفاعلات.

انتبه

ΔH_r موجب = ماص = تسخين التفاعل

ΔH_r سالب = باعث = تبريد التفاعل

ملاحظة

- يمثل الانثالبي كمية الحرارة شرط ان تقاس تحت ضغط ثابت.
- يأخذ الانثالبي نفس اشارة كمية الحرارة.

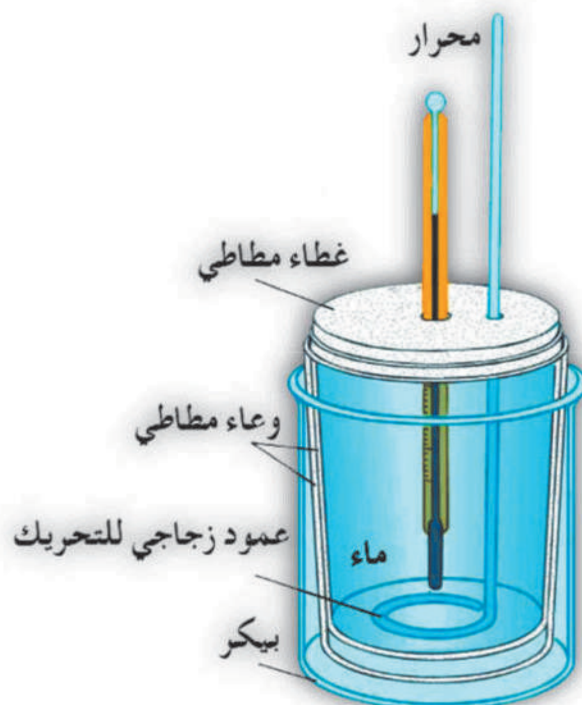
قياس انثالبي التفاعل (ΔH)

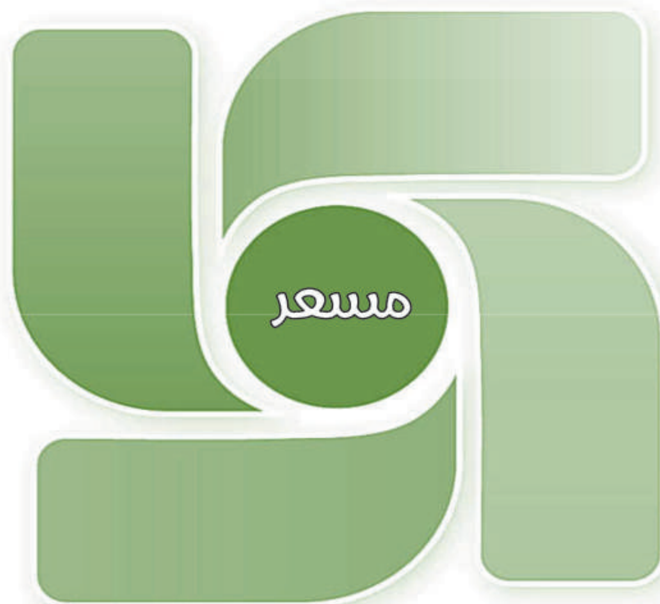
يستخدم لقياس انثالبي التفاعل (حرارة التفاعل) الممتصة أو المنبعثة في أي تفاعل كيميائي عند ثبوت الضغط جهاز يسمى المسعر (Calorimeter) حيث توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة.



س (1 – 8) ك: صف المسعر الحراري الذي تتم بواسطته قياس الحرارة الممتصة أو المنبعثة عند ثبوت الضغط q_p أي (الانثالبي ΔH)؟

ج: يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور فيه كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلاً جيداً. حيث توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة وبما ان الحرارة المنبعثة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كمية الحرارة من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة.





قوانين المسعر

القانون الرئيسي

$$\Delta H_r = q_p = \frac{-q}{n}$$

خطوات حل السؤال

عند الحاجة

$$\Delta H = q_p = C.\Delta T$$

تطبيق مباشر

1. ايجاد ΔT
2. ايجاد q للماء: $q = \varsigma.m.\Delta T$
3. ايجاد عدد مولات المادة المتفاعلة: $n = \frac{m_{(g)}}{M_{g/mol}}$
4. $\Delta H_r = \frac{-q}{n}$

مثال (1-2): باستخدام المسعر وضعت 3g من مركب الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$ الكتلة المولية له 180 g/mol في وعاء العينة ثم ملئ بكمية 1200g من الماء. الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C° وكانت درجة الحرارة الابتدائية تساوي 21.0 C° . أحرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان التفاعل رفع درجة حرارة المسعر ومحتوياته الى 25.5 C°، احسب كمية الحرارة المنبعثة (المتحررة) بوحدة (KJ) نتيجة احتراق (1mol) من الكلوكوز على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة؟

ج: نستخدم العلاقة التالية لايجاد كمية الحرارة (q) لأن السعة الحرارية للمسعر ثابتة.

$$\Delta T = (T_f - T_i)\ C^o$$

$$\Delta T = (25.5 - 21.0)\ C^o \qquad \Delta T = 4.5\ C^o$$

$$q_{(J)} = \varsigma\ (J/g.C^o) \times m\ (g) \times \Delta T\ (C^o)$$

$$q_{(J)} = 4.2\ (J/g.C^o) \times 1200\ (g) \times 4.5\ C^o$$

$$q_{(J)} = 22680\ J \qquad q = \frac{22680}{1000} = 22.68\ KJ$$

$$n = \frac{mg}{M\ (g/mol)} = \frac{3\ g}{180\ g/mol} = 0.017\ mol$$

$$\Delta H = \frac{-q_p}{n} = \frac{-22.68\ KJ}{0.017\ mol} = -1334\ KJ/mol$$

تمرين (1-2): وزاري: اذا تم حرق (3g) من مركب الهيدرازين (N_2H_4) كتلته المولية تساوي (32 g/mol) في مسعر مفتوح يحتوي على (1000g) من الماء الحرارة النوعية للماء هي 4.2 J/g.C° فإن درجة الحرارة ترتفع من 24.6C° الى 28.2C° احسب الحرارة المتحررة (المنبعثة) نتيجة الاحتراق والاثالي لاحتراق 1mol من الهيدرازين بوحدة KJ/mol على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة؟

ج:

$$\Delta T = (T_f - T_i)\ C^o$$

$$\Delta T = (28.2 - 24.6)\ C^o \qquad \Delta T = 3.6\ C^o$$

$$q_{(J)} = \varsigma\ (J/g.C^o) \times m\ (g) \times \Delta T\ (C^o)$$

$$q_{(J)} = 4.2\ (J/g.C^o) \times 1000\ (g) \times 3.6\ C^o$$

$$q_{(J)} = 15120\ J \qquad q = \frac{15120}{1000} = 15.12\ KJ$$

$$n = \frac{mg}{M\ (g/mol)} = \frac{3\ g}{32\ g/mol} = 0.094\ mol$$

$$\Delta H = \frac{-q_p}{n} = \frac{-15.12\ KJ}{0.094\ mol} = -161\ KJ/mol$$

س (1-17) ك: اذا تم حرق عينة كتلتها (1.5g) من حامض الخليك CH_3COOH الكتلة المولية له تساوي 60 g/mol بوجود كمية وافية من الأوكسجين وكان المسعر يحتوي على (750g) من الماء (الحرارة النوعية للماء هي 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 24C° الى 28C° احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة؟

ج: $\Delta H_r^\circ = -504000\ J/mol$

سؤال خارجي: وزاري: اذا تم حرق عينة كتلتها 6g من حامض الخليك كتلته المولية 60g/mol بوجود كمية وافية من الاوكسجين وكان المسعر يحتوي على 800g من الماء، الحرارة النوعية للماء $4.2\ J/g.C^\circ$ فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من $25C^\circ$ الى $30C^\circ$ احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق 2mol من الحامض بوحدة KJ على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة؟

ج: $\Delta H_r^\circ = -366\ KJ/mol$



س (1-16) ك: عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي $2.4\ KJ/C^\circ$ فان حرارة المسعر ترتفع بمقدار $(0.12C^\circ)$. احسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل بوحدة الجول؟

ج:

$$\Delta H_r = q_p = C \cdot \Delta T$$

$$= 4.2\ KJ/C^\circ \times 0.12C^\circ$$

$$0.288\ KJ = -0.288KJ = -288J$$

لأن الحرارة منبعثة في المسعر.



س (1-3) ك: ما المقصود بالتعابير الآتية:

(الكيمياء الحرارية، عملية ماصة للحرارة، عملية باعثة للحرارة)؟

ج: الكيمياء الحرارية (Thermo Chemistry): هو علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة والمتحررة نتيجة التغيرات الكيميائية والفيزيائية.

عملية ماصة للحرارة: هو التفاعل الكيميائي الذي يصاحبه امتصاص حرارة من المتفاعلات وتكون قيمة التغير في الانثالبي له موجبة.

عملية باعثة للحرارة: هو التفاعل الكيميائي الذي يصاحبه تحرر انبعاث حرارة من النواتج وقيمة التغيير في الانثالبي له تكون سالبة.

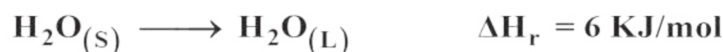


المعادلة الكيميائية الحرارية

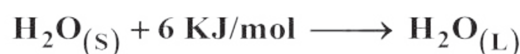
هناك اختلاف بين كتابة المعادلة الحرارية (التي تعبر عن التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية) عن كتابة المعادلات الكيميائية الاخرى وهذا الاختلاف يتلخص بما يأتي:

1. يكتب التغير في الانثالبي ΔH_r للتفاعل الكيميائي أو التغير الفيزيائي على يمين المعادلة الحرارية دائماً.

أ. فإذا كانت $\Delta H_r = +$ فإن التفاعل ماص للحرارة كما في عملية انصهار الجليد:



$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r = 6\ KJ/mol$$

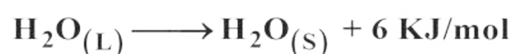


$$H_2O_{(S)} + 6\ KJ/mol \longrightarrow H_2O_{(L)}$$

ب. فإذا كانت $\Delta H_r = -$ فهذا يعني ان التفاعل باعث للحرارة كما في المعادلة ادناه:



$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(S)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = -6\ KJ/mol$$

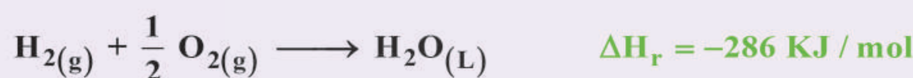


$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(S)} + 6\ KJ/mol$$

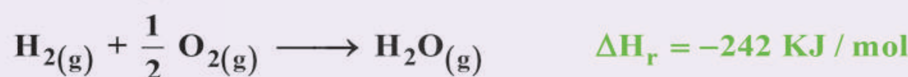
2. يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتجة منه حيث ان المواد الصلبة يرمز لها بالحرف (S) Solid والمواد السائلة يرمز لها بالحرف L وتعني (سائل Liquid) وللغاز يستخدم الحرف (g) ويعني (غاز gas) أما المحلول المائي فيستخدم له aq من aqueous.

س (1-5) ك: وزاري: من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية؟

ج: لأن كمية الحرارة (الانثالبي) المنبعثة أو الممتصة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمواد في التفاعل. وكما في الأمثلة الآتية:



$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r = -286\ KJ/mol$$



$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r = -242\ KJ/mol$$

3. اذا تم عكس التفاعل فإن اشارة انثالبي التفاعل ΔH_r تعكس فإذا كانت $\Delta H_r = +$ فتصبح اشارتها سالبة، أما اذا كانت $\Delta H_r = -$ فتصبح اشارتها موجبة وكما في الامثلة الآتية:



$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r = 6\ KJ/mol$$



$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(S)} \qquad \Delta H_r = -6\ KJ/mol$$

4. عند ضرب أو قسمة طرفي المعادلة برقم معين فإن ΔH_r تضرب أو تقسم على نفس الرقم وكما يأتي:



$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r = 6\ KJ/mol$$



$$2H_2O_{(S)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r = 2 \times 6 = 12\ KJ/mol$$

الخلاصة: أي اجراء يحدث على المعادلة الكيميائية فإن نفس الاجراء يحدث على انثالبي هذه المعادلة ΔH_r.



انثالبي التفاعل القياسية ΔH°_r

وتعرف بأنها الحرارة المصاحبة لحدوث التفاعل عند الظروف القياسية من درجة حرارة وضغط.

س (1-18) ك: ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي اوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات؟

ج: ان الاشارة فوق الانثالبي (°) وتسمى نوت وتعني ظروف قياسية. والتي هي درجة حرارة 25C° (298K) وضغط 1atm، وهذه الظروف تختلف عن الظروف القياسية (STP) التي درستها في السنوات السابقة للغازات (273K وضغط 1atm).



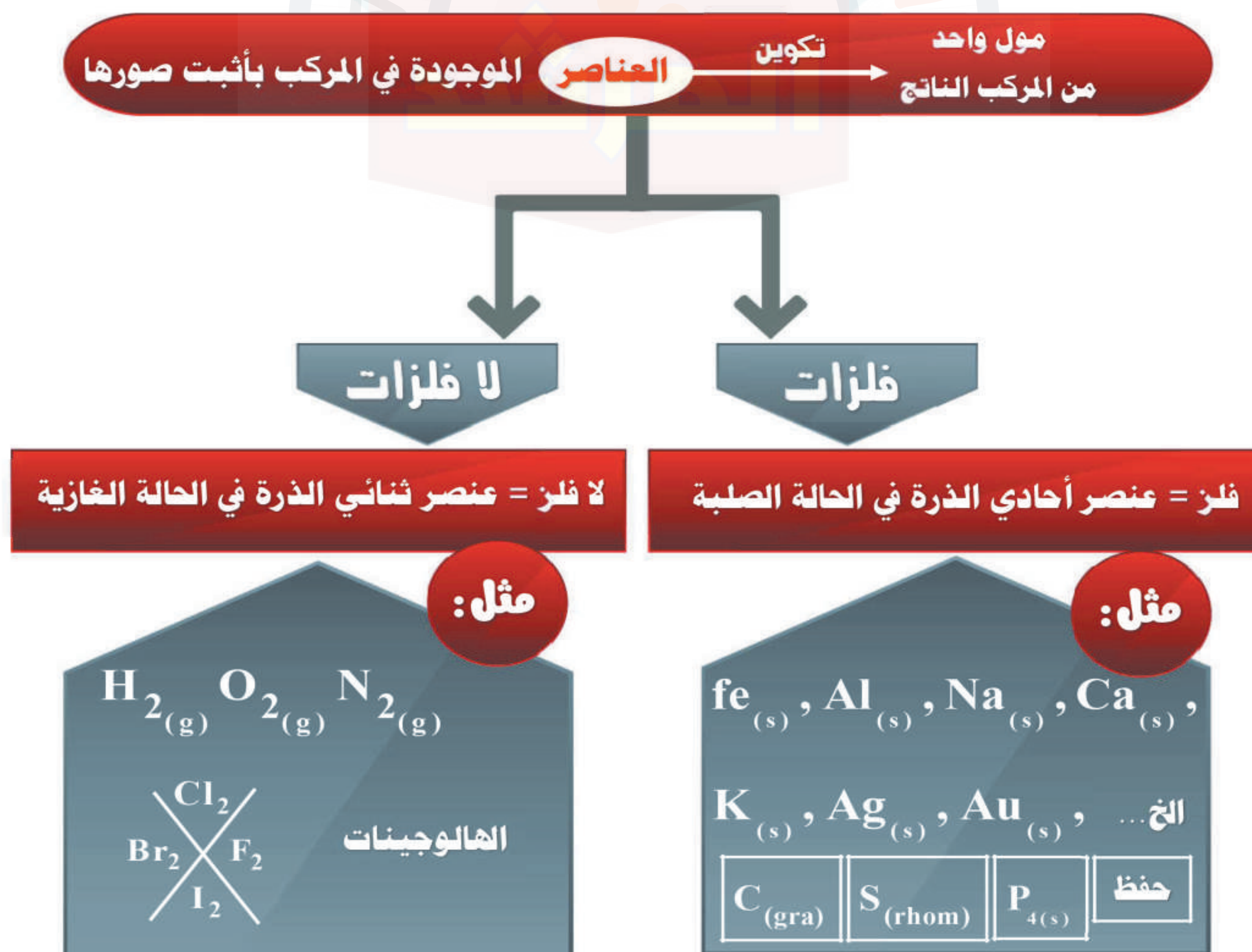
1. انثالبي التكوين القياسية ΔH°_f

وتعرف بأنها الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من أي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة بأثبت صورها في حالتها القياسية (درجة الحرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm).

شروط التكوين ؟!

1. ناتج المعادلة يتضمن مول واحد لمركب واحد فقط.
2. طرف المتفاعلات تكتب فيه العناصر الموجودة في المركب الناتج بأثبت صورها في الظروف القياسية (درجة الحرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm).

ملاحظة مهمة جداً :



أ.خالد الدليمي 07813351668

فائدة هذا الموضوع

1- تعليم الطالب كتابة معادلات التكوين وفق الشروط.

2- معرفة القانون الذي يجمع بين ΔH°_f و ΔH°_r

$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_f \times n$

حيث ان n تمثل عدد مولات المركب الناتج

$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_f$

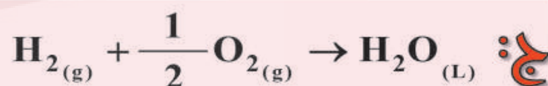
إذا توفرت شروط التكوين في المعادلة

$\Delta H_f^\circ = 0$ KJ/mol لأي عنصر بأثبت صورة

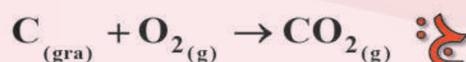
مثال 5: اكتب معادلات تكوين:

1. الماء السائل.

2. غاز CO_2.



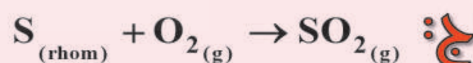
ج: $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(L)}$



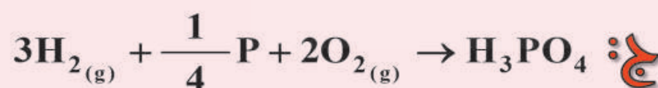
ج: $C_{(gra)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

3. غاز SO_2.

4. H_3PO_4.



ج: $S_{(rhom)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$



ج: $3H_{2(g)} + \frac{1}{4}P + 2O_{2(g)} \rightarrow H_3PO_4$

واجبات: اكتب معادلة تكوين المركبات التالية:

1. $MgCl_2$

2. HBr

ج:

ج:

3. $CaCl_2$

ج:

4. CH_3OH

ج:

5. $KClO_3$

ج:

6. $CaCO_3$

ج:

7. CH_4

ج:

8. C_2H_5OH

ج:

سؤال خارجي: ما معنى كتابة معادلة بحيث تكون $\Delta H^{\circ}_{f} = \Delta H^{\circ}_{r}$ ؟

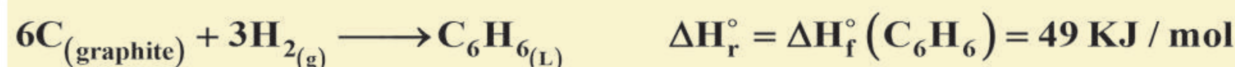
ج: أي ان المطلوب كتابة معادلة تكوين وفق الشروط.

تعليل وزاري: ظهور كسور في معادلات التكوين الحرارية؟

ج: نلجأ احياناً الى تغيير عدد مولات المواد المتفاعلة للحصول على مول واحد من المركب الناتج لذا تظهر الكسور في المعادلات الحرارية.

مثال (1-3): اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين C_6H_6 تساوي $\Delta H_f^\circ (C_6H_6) = 49\ KJ/mol$ اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ΔH_r° مساوية الى $\Delta H_f^\circ (C_6H_6)$.

ج: لابد ان يتكون مول واحد من C_6H_6 من عناصره الاساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية $25C^\circ$ وضغط $1atm$.



مثال (1-4): اي من التفاعلات التالية تكون قيمة انثالبي التفاعل القياسية (ΔH_r°) لها تساوي قيمة انثالبي التكوين القياسية (ΔH_f°) للمركبات المتكونة:



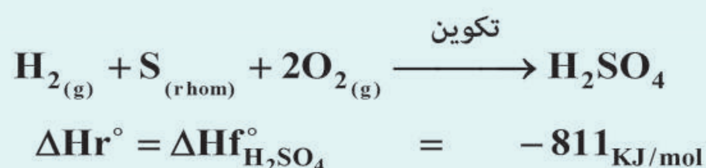
ج: التفاعل رقم (1) $\Delta H_f^\circ (Fe_2O_3) \neq \Delta H_r^\circ$ لان الناتج هو 2mol منه.

التفاعل رقم (2) $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ وذلك لانه يحقق الشرطين بتكوين مول واحد من CO_2 من عناصرها الاساسية وبأثبت صورها.

التفاعل رقم (3) $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ وذلك لان المواد المتفاعلة ليست عناصر بأثبت صورها. حيث ان CO مركب وليس عنصر.

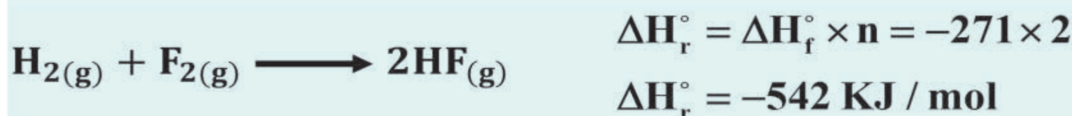
تمرين (1-3): اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك $(\Delta H_f^\circ = -811\ KJ/mol)$ اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ΔH_r° مساوية الى $\Delta H_f^\circ (H_2SO_4)$؟

ج:



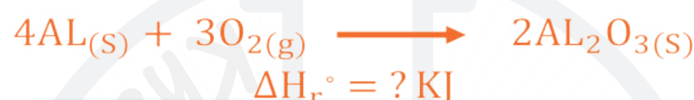
تمرين (1-4): احسب انثالبي التفاعل القياسية (ΔH_r°) للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين (HF) تساوي $\Delta H_f^\circ(Hf) = -271\ KJ/mol$.

ج:





تمرين (1-5): احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل الآتي:



$\Delta H_r^\circ = ?\ KJ$

اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لاوكسيد الالمنيوم تساوي:

؟$\Delta H_f^\circ\ (Al_2O_3) = -1670\ KJ/mol$

ج:

$$\Delta Hr^\circ = \Delta Hf^\circ_{Al_2O_3} \times n$$

$$\Delta Hr^\circ = -1670 \times 2$$

$$\Delta Hr^\circ = -3340KJ$$



سؤال خارجي: احسب انثالبي التكوين القياسية لسائل الماء بالاستعانة بالتفاعل الآتي:



ج:

$$\Delta Hr^\circ = \Delta Hf^\circ_{H_2O} \times n$$

$$\Delta Hf^\circ_{H_2O} = \frac{\Delta H_r^\circ}{n} = \frac{-572}{2}$$

$$\Delta Hf^\circ_{H_2O} = -286KJ$$

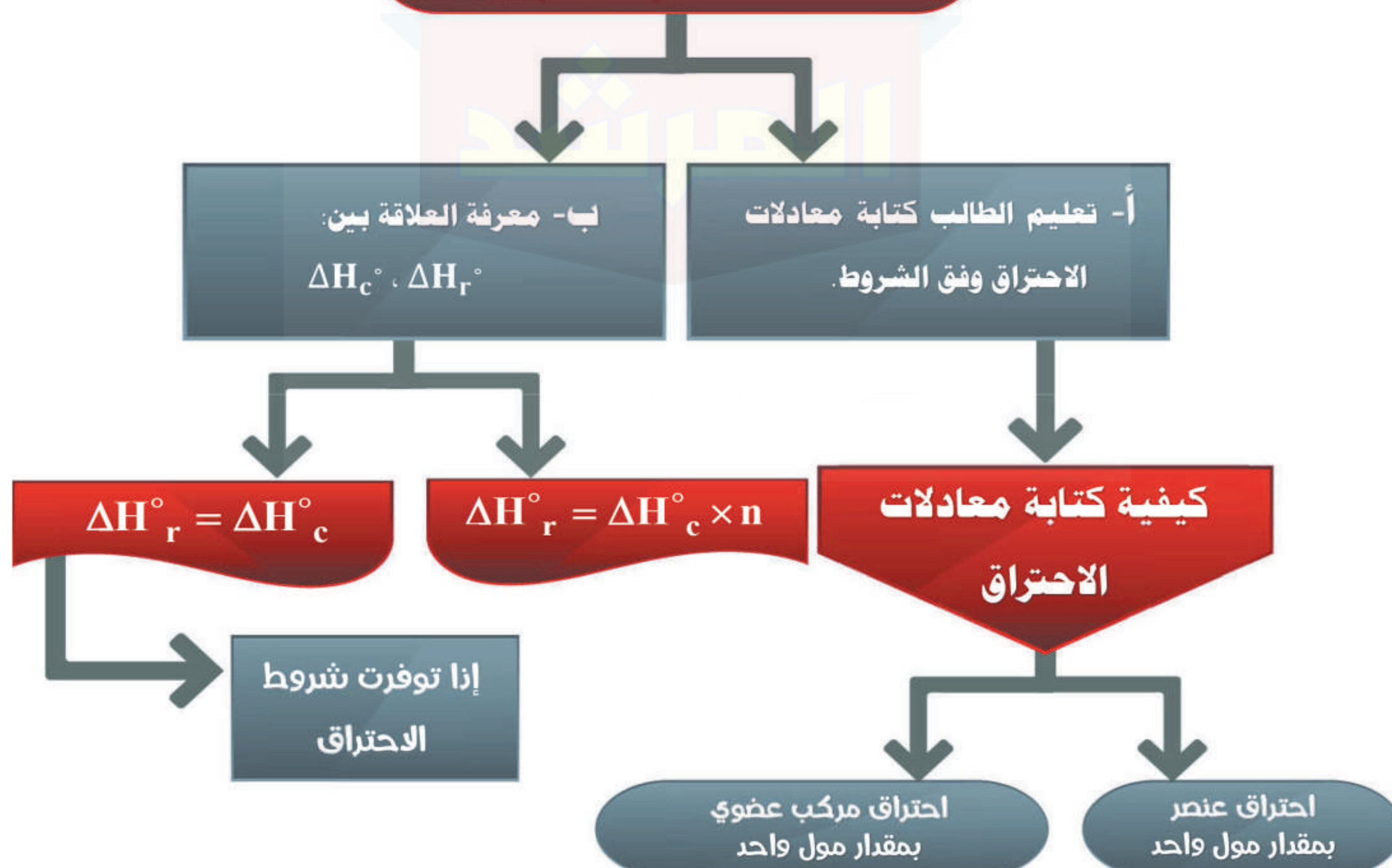


2. انثالبي الاحتراق القياسية ΔH°_c

تعرف بأنها الحرارة المتحررة (منبعثة) من حرق مول واحد من اي مادة حرقاً تاماً مع وفرة من الأوكسجين عند الظروف القياسية ($1atm$, $25C^\circ$).

شروط الاحتراق؟!

1. ان يحترق (يتفاعل) مول واحد من مادة واحدة مع كمية وافية من الاوكسجين في ظروف قياسية.
2. يجب ان تحدد كمية (عدد مولات) الاوكسجين المستخدم في تفاعل الاحتراق.

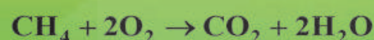


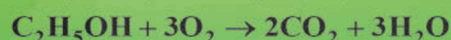
ملاحظة : كل تفاعلات الاحتراق باعثة للحرارة أي ان اشارة الانثالبي تكون سالبة.

أ كيفية كتابة معادلة الاحتراق

مركب عضوي

مول واحد من مركب عضوي واحد $+ nO_2 \longrightarrow nCO_2 + nH_2O$


$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$


$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

عنصر

عنصر بمقدار مول واحد $+ O_2 \longrightarrow$ اوكسيد العنصر


$C + O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H_c^\circ = \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$

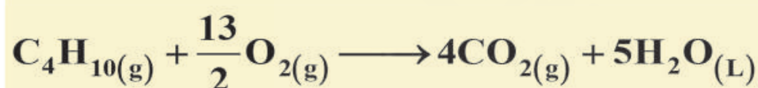

$S + O_2 \rightarrow SO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = \Delta H_f^\circ$


$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = \Delta H_f^\circ$

بعض الامثلة على انثالبي الاحتراق القياسية ΔH_c°

مثال: في المثال الآتي توضيح لعملية احتراق مول واحد من غاز البيوتان C_4H_{10} حيث يحرر طاقة حرارية مقدارها: $\Delta H_r^\circ = -2873 KJ/mol$

ج:

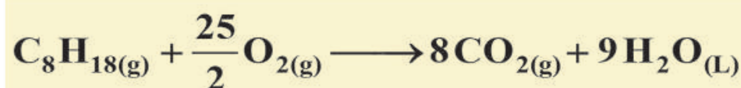


$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(L)}$$

$$\Delta H_r^\circ = -2873 KJ/mol$$

مثال: احتراق مول واحد من الكازوليت (سائل الاوكتان) المستخدم كوقود للسيارات (C_8H_{18}) مع كمية كافية من الاوكسجين.

ج:



$$C_8H_{18(g)} + \frac{25}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(L)}$$

$$\Delta H_r^\circ = -547 KJ/mol$$

سؤال خارجي: اكمل معادلات الاحتراق التالية مع الموازنة:

ج:



$1-\quad C_6H_{12}O_{6(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$



$2-\quad C_2H_5OH_{(L)} + O_{2(g)} \longrightarrow$



$3-\quad CH_3OH + O_2 \longrightarrow$



$4-\quad CH_3COOH + O_2 \longrightarrow$



$5-\quad CS_2 + O_2 \longrightarrow$



تمرين (1-6): اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8)،

اذا علمت ان $\Delta H^\circ_{c(C_3H_8)} = -2219KJ/mol$ بحيث تكون: $\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ$

ج:



س (1-20) ك: وزاري: احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H^\circ_{f(Al_2O_3)}$ والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H^\circ_{c(Al)}$ في التفاعل الآتي:



$$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(S)} \qquad \Delta H^\circ_r = -3340KJ/mol$$

ج: بما ان المعادلة اعلاه لا تمثل تكوين مول واحد من Al_2O_3 لذا نستخدم العلاقة الآتية:

$$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_f (Al_2O_3) \times n$$

$$\Delta H^\circ_f (Al_2O_3) = \frac{\Delta H^\circ_r}{n} = \frac{-3340KJ/mol}{2} = -1670KJ/mol$$

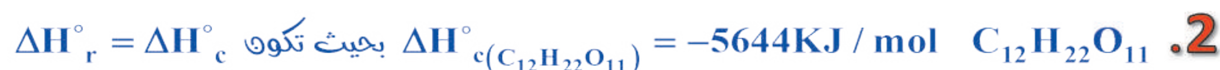
$$\Delta H^\circ_{c(Al)(S)} = \frac{\Delta H^\circ_r}{n} = \frac{-3340KJ/mol}{4} = -835KJ/mol$$



سؤال خارجي: اكتب معادلات احتراق كلاً من المركبات الآتية:



1. $C_2H_{4(g)}$ $\Delta H^\circ_{c(C_2H_4)} = -1411 KJ/mol$



2. $C_{12}H_{22}O_{11}$ $\Delta H^\circ_{c(C_{12}H_{22}O_{11})} = -5644 KJ/mol$ بحيث تكون $\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_c$

ج:

سؤال خارجي: ماذا تعني المعادلات الكيميائية الحرارية الآتية:



1. $2CH_3OH_{(L)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(L)}$ $\Delta H^\circ_r = -1453 KJ$

ج: معادلة حرارية قياسية تمثل ΔHr° فقط.



2. $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$ $\Delta H^\circ_r = -904 KJ$

ج: معادلة حرارية قياسية تمثل ΔHr° فقط.



3. $H_{2(g)} + S_{(rhomloic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(L)}$ $\Delta H^\circ_r = -811 KJ$

ج: معادلة تكوين مول واحد من H_2SO_4 من عناصره الاولية بأثبت صورها في الظروف القياسية.

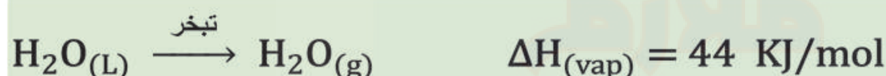
3. انثالبي التغيرات الفيزيائية

التغيرات الفيزيائية

وهي تغير حالة المادة من طور الى آخر.

وهناك أربع حالات للمادة وهي:

1 انثالبي التبخر $\Delta H_{(vap)}$: هو الحرارة اللازمة لتبخر المادة وتكون دائماً قيمتها موجبة لأنه تفاعل ماص للحرارة.



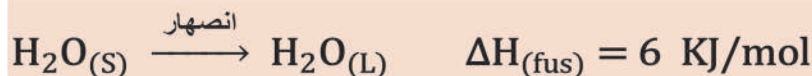
$$H_2O_{(L)} \xrightarrow{\text{تبخر}} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 44 \ \text{KJ/mol}$$

2 انثالبي التكثيف $\Delta H_{(coud)}$: هو الحرارة اللازمة لتحويل البخار الى سائل ويكون تفاعل باعث للحرارة أي ان $\Delta H_{(coud)}$ قيمتها سالبة.



$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{\text{تكثيف}} H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{(cond)} = -44 \ \text{KJ/mol}$$

3 انثالبي الانصهار $\Delta H_{(Fusion)}$: هو الحرارة اللازمة لتحويل المادة من صلبة الى سائلة وتكون قيمتها موجبة لأنه تفاعل ماص للحرارة $\Delta H_{(Fus)} = +$



$$H_2O_{(S)} \xrightarrow{\text{انصهار}} H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{(fus)} = 6 \ \text{KJ/mol}$$

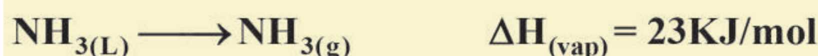
4 انثالبي الانجماد (التبلور) $\Delta H_{(cryst)}$: هو الحرارة اللازمة لتحويل المادة من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة ويكون هذا النوع من التفاعلات باعث للحرارة أي ان قيمة - = $\Delta H_{(cryst)}$



$$H_2O_{(L)} \xrightarrow{\text{انجماد}} H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{(cryst)} = -6 \ \text{KJ/mol}$$

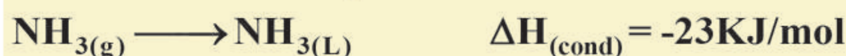
مثال (1-6): إذا علمت ان انثالبي التبخر للأمونيا تساوي 23 KJ/mol احسب انثالبي التكثيف للأمونيا؟

ج: نكتب معادلة تبخر الامونيا على الصورة الآتية:



$NH_{3(L)} \longrightarrow NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 23KJ/mol$

وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر لذا تكون المعادلة كالآتي:



$NH_{3(g)} \longrightarrow NH_{3(L)} \qquad \Delta H_{(cond)} = -23KJ/mol$

أي ان: $\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$

تمرين (1-7): إذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك CH_3COOH الثلجي تساوي 5.11 KJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض؟ ثم احسب انثالبي انجماد 0.1 mol منه؟

ج:

الخلاصة

عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر $\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$

عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار $\Delta H_{(Fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$

عملية التفكك هي عكس عملية التكوين وكذلك اشارة الانثالبي

ملاحظة

درجة تبخر الماء $100C^{\circ}$ = درجة الغليان

درجة انصهار الماء $0\ C^{\circ}$ = درجة انجماد

طرق حساب انثالبي التفاعل القياسية (ΔHr°)

(باستخدام قيم انثالبي التكوين القياسية $\left(\Delta H^{\circ}_{f}\right)$ التي تعطى في السؤال.

الطريقة الاولى (قانون هيس): ان التغيير في الانثالبي (الحرارة) المصاحب لتحول المواد المتفاعلة الى نواتج هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او في سلسلة من الخطوات.

فائدته: ان سبب استخدام قانون هيس هو ان هناك العديد من المركبات الكيميائية لا يمكن تصنيعها بشكل مباشر وايجاد انثالبي التفاعل القياسية $\left(\Delta H^{\circ}_{r}\right)$ لها من عناصرها وذلك لأسباب عديدة منها:

1. ان التفاعل قد يسير ببطء شديد.
2. تكون مركبات جانبية غير مرغوب فيها.

لذا تم اللجوء الى قياس $\left(\Delta H^{\circ}_{r}\right)$ لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة وتعتمد هذه الطريقة على قانون هيس.

انتبه:

لمعرفة ان السؤال حول قانون هيس نلاحظ ان هنالك معارلة مجهولة الانثالبي وتعطى معها في السؤال عدة معارلات معلومة الانثالبي. لذا يكون الحل كالآتي:

1. المعادلة ذات الانثالبي المجهول هي معادلة الهدف ولا يمكن التلاعب بها.
2. يتم ترتيب مكونات المعادلات ذات الانثالبي المعلوم على اساس ترتيب مكونات معادلة الهدف من حيث الموقع وعدد المولات.
3. نستخدم الملاحظات السابقة عند ترتيب المعادلات (أي اجراء يتخذ على المعادلة يتخذ نفس الاجراء على انثالبي هذه المعادلة).

4. بعد الانتهاء من الترتيب يتم اختصار المواد المتشابهة والموجودة على الأطراف المختلفة للمعادلات المختلفة.

5. المواد المتشابهة والموجودة في نفس الطرف للمعادلات يتم جمع عدد مولاتها لتحقيق ما موجود من هذه المادة في معادلة الهدف.

6. يتم جمع ما تبقى من المعادلات لتحقيق معادلة الهدف وتجمع انثالبيات هذه المعادلات لتحقيق انثالبي معادلة الهدف وهو المطلوب في السؤال.

النوع الأول من مسائل قانون هيس

مثال (1-7): احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $CS_{2(L)}$ من عناصره الاساسية بأثبت صورها؟



$$C_{gra} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(L)} \qquad \Delta Hf_{(CS_{2(L)})} = ?\ KJ/mol$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية:



$$(1)\quad C_{gra} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -394 KJ/mol$$



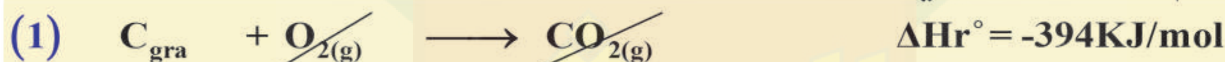
$$(2)\quad S_{(rhombic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -296 KJ/mol$$



$$(3)\quad CS_2 + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -1072 KJ/mol$$

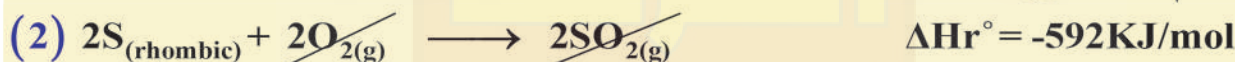
ج: المطلوب ايجاد $\Delta Hf^\circ_{(CS_2)} = ?$ لمعادلة الهدف:

المعادلة رقم (1) تبقى كما هي:



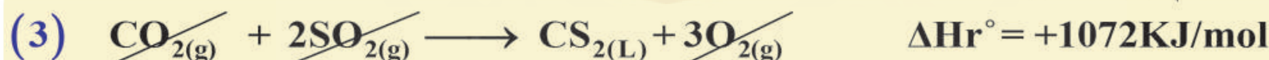
$$(1)\quad C_{gra} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -394 KJ/mol$$

المعادلة رقم (2) تضرب ×2



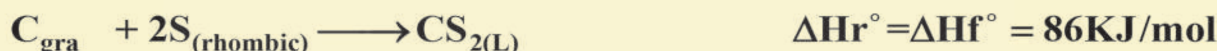
$$(2)\quad 2S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -592 KJ/mol$$

المعادلة رقم (3) تقلب فقط



$$(3)\quad CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(L)} + 3O_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = +1072 KJ/mol$$

بالجمع



$$C_{gra} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(L)} \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hf^\circ = 86 KJ/mol$$

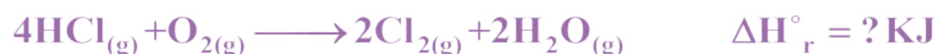
س (1-21) ك: اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية من المعادلات الكيميائية الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1 atm.



$$(1)\quad H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -185 KJ$$



$$(2)\quad 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -484 KJ$$

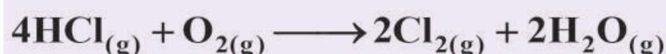


$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = ?\ KJ$$

ج: قانون هيس: ان التغيير في الانثالبي المصاحب لتحول المواد المتفاعلة الى نواتج هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او في سلسلة من الخطوات.

فائدته: ان فائدة قانون هيس هو ان هنالك العديد من المركبات الكيميائية لا يمكن ايجاد (ΔH°_r) لها بشكل مباشر لعدة أسباب لبطء التفاعل وتكون مركبات غير مرغوب فيها لذا نستخدم الطريقة الغير مباشرة باستخدام عدة تفاعلات للوصول الى معرفة (ΔH°_r) لتفاعل معين.

المطلوب في هذا السؤال معرفة $(\Delta H^\circ_r = ?)$ للتفاعل الآتي:



$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

في المعادلة رقم (1) نجد ان HCl موجودة في النواتج وتحتوي على مولين لذا نعكس المعادلة رقم (1) ونضربها ×2 فتصبح:

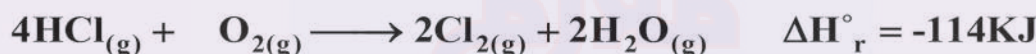


$$(1) \quad 4HCl \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + \cancel{2H_{2(g)}} \qquad \Delta H^\circ_r = 370KJ$$



$$(2) \quad \cancel{2H_{2(g)}} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta H^\circ_r = -484KJ$$

بالجمع

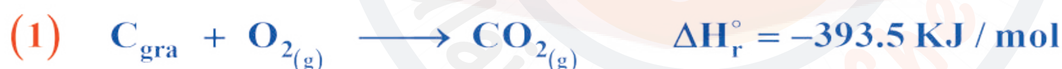


$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -114KJ$$

سؤال خارجي: احسب حرارة التفاعل التالي في ظروف قياسية $(25C^\circ \text{ , } 1atm)$



$$C_{gra} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = ?$$



$$(1) \quad C_{gra} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -393.5\ KJ/mol$$



$$(2) \quad CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -283\ KJ/mol$$

ج: $\Delta H^\circ_r = -110.5\ KJ/mol$

تمرين (1-8): احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصره الاساسية:

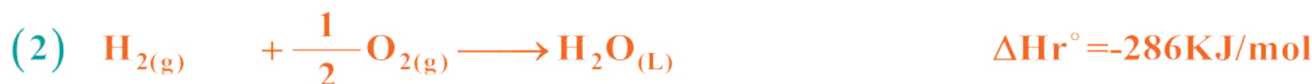


$$2C_{gra} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \qquad \Delta Hf^{\circ}_{(C_2H_{2(g)})} = ?\ KJ/mol$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية:



$$(1)\quad C_{gra} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ} = -394 KJ/mol$$

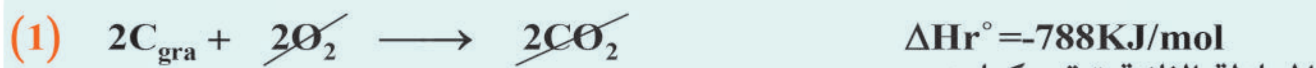


$$(2)\quad H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta Hr^{\circ} = -286 KJ/mol$$



$$(3)\quad 2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta Hr^{\circ} = -2599 KJ/mol$$

ج: المعادلة الاولى تضرب ×2 وكذلك الانثالبي:



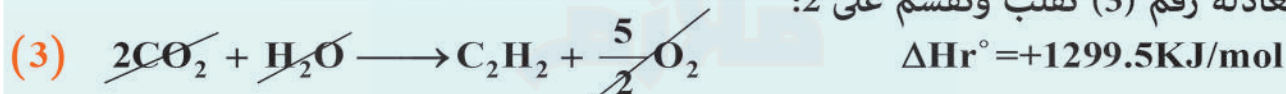
$$(1)\quad 2C_{gra} + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2 \qquad \Delta Hr^{\circ} = -788 KJ/mol$$

المعادلة الثانية تبقى كما هي:



$$(2)\quad H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta Hr^{\circ} = -286 KJ/mol$$

المعادلة رقم (3) تقلب وتقسم على 2:



$$(3)\quad 2CO_2 + H_2O \longrightarrow C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 \qquad \Delta Hr^{\circ} = +1299.5 KJ/mol$$

بالجمع



$$2C_{gra} + H_2 \xrightarrow[\text{الهدف}]{\text{معادلة}} C_2H_2 \qquad \Delta Hr^{\circ} = 225.5 KJ/mol$$

س (1-22) ك: إذا اعطيت المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^{\circ}$ وضغط 1atm:



$$(1)\quad \frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ} = 33 KJ$$



$$(2)\quad N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ} = 11 KJ$$

احسب ΔHr° للتفاعل الآتي:



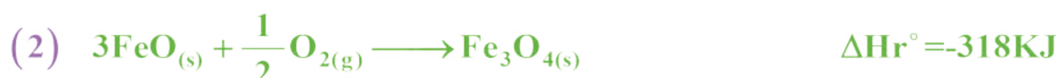
$$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ} = ?KJ$$

ج: $\Delta Hr^{\circ} = -55 KJ/mol$

ملاحظة : اذا اشتركت أكثر من مادة في معادلة معلومة الانثالبي مع المعادلة الأصلية فيتم ترتيب هذه المعادلة على أساس المادة الغير مكررة في بقية المعادلات.

س (1-23) ك: اذا كان لديك المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm :


(1) $FeO_{(s)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)}$ $\Delta Hr^\circ = 25KJ$


(2) $3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)}$ $\Delta Hr^\circ = -318KJ$


(3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta Hr^\circ = -242KJ$

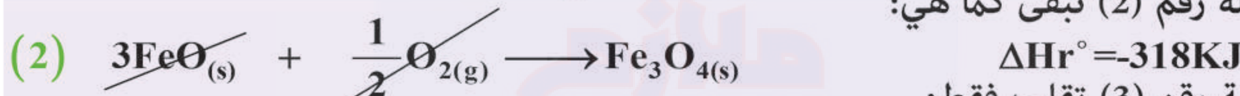
احسب ΔHr° للتفاعل الآتي:


$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta Hr^\circ = ?KJ$

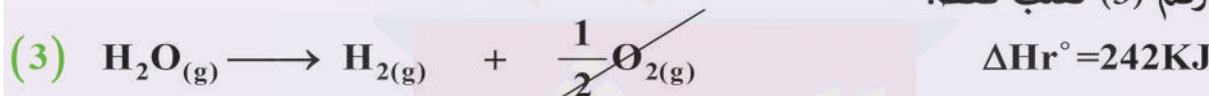
ج: المعادلة رقم (1) تقلب وتضرب ×3


(1) $3Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \longrightarrow \cancel{3FeO_{(s)}} + 3H_{2(g)}$ $\Delta Hr^\circ = -75KJ$

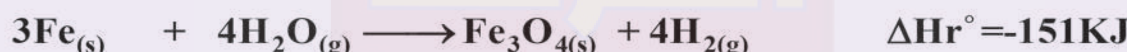
المعادلة رقم (2) تبقى كما هي:


(2) $\cancel{3FeO_{(s)}} + \cancel{\frac{1}{2}O_{2(g)}} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)}$ $\Delta Hr^\circ = -318KJ$

المعادلة رقم (3) تقلب فقط:


(3) $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_{2(g)}}$ $\Delta Hr^\circ = 242KJ$

بالجمع


$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta Hr^\circ = -151KJ$

سؤال خارجي: إذا كان لديك المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm :


(1) $SCl_2O_{(L)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$ $\Delta Hr^\circ = 10KJ$


(2) $PCl_{3(L)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow PCl_3O_{(L)}$ $\Delta Hr^\circ = -325KJ$


(3) $P_{(s)} + \frac{3}{2}Cl_{2(g)} \longrightarrow PCl_{3(L)}$ $\Delta Hr^\circ = -307KJ$

احسب ΔHr° للتفاعل الآتي:


$2P_{(s)} + 2SO_{2(g)} + 5Cl_{2(g)} \longrightarrow 2SCl_2O_{(L)} + 2PCl_3O_{(L)}$ $\Delta Hr^\circ = ?KJ$

ج: -1284 KJ/mol

النوع الثاني من مسائل قانون هيس

س (1-35) ك: اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO ، H_2 ، CH_3OH بوحدات KJ/mol هي على التوالي (284- , 286- , 727-) احسب ΔH°_r باستخدام قانون هيس للتفاعل الآتي: $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$

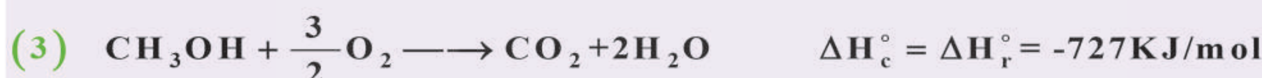
ج:



$$(1)\quad CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H^\circ_c = \Delta H^\circ_r = -284KJ/mol$$



$$(2)\quad H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H^\circ_c = \Delta H^\circ_r = -286KJ/mol$$



$$(3)\quad CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H^\circ_c = \Delta H^\circ_r = -727KJ/mol$$

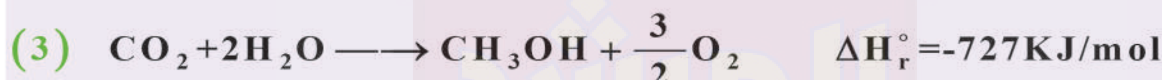
نبدأ بترتيب المعادلات حسب ترتيب المعادلة الأصلية:



$$(1)\quad CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H^\circ_r = -284KJ/mol$$



$$(2)\quad 2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta H^\circ_r = -572KJ/mol$$



$$(3)\quad CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = -727KJ/mol$$

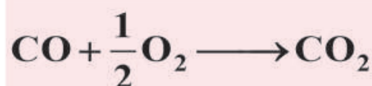
بالجمع



$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH \qquad \Delta H^\circ_r = -129KJ/mol$$

سؤال خارجي: وزاري: احسب انثالبية التكوين القياسية ΔH°_r لغاز CO إذا علمت ان حرارة تفكك CO_2 هي +394 KJ/mol وان حرارة التفاعل الآتي: $\Delta H^\circ_r = -283KJ$ لـ: $CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$

ج:



$$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$\Delta H^\circ_f = x + \text{صفر} \longrightarrow -394$$

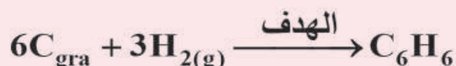
$$\Delta H^\circ_r = \sum n\Delta Hf^\circ_p - \sum n\Delta Hf^\circ_R$$

$$-283 = [-394] - [x] \Rightarrow x = -394 + 283$$

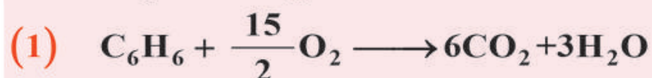
$$\Delta Hf^\circ_{CO} = x = -111\ KJ/mol$$

سؤال خارجي: وزاري: يحترق البنزين في الهواء ليعطي غاز CO_2 والماء السائل فإذا علمت ان حرارة الاحتراق للبنزين $\Delta H^\circ_c = -3271 KJ/mol$ احسب حرارة تكوين البنزين علماً بأن حرارة احتراق كلاً من (C, H_2) بوحدات KJ/mol هي على التوالي (286- , 394-) باستخدام قانون هيس؟

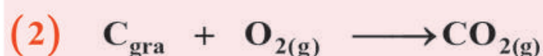
ج: أولاً نكتب معادلة الهدف ومعادلات الانثالبي المعلوم:



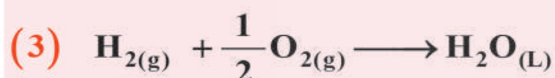
$$6C_{gra} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{\text{الهدف}} C_6H_6 \qquad \Delta H^\circ_{f(C_6H_6)} = \Delta H^\circ_r = ?$$



$$(1)\quad C_6H_6 + \frac{15}{2}O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 3H_2O \qquad \Delta H^\circ_{c(C_6H_6)} = \Delta H^\circ_r = -3271 KJ/mol$$



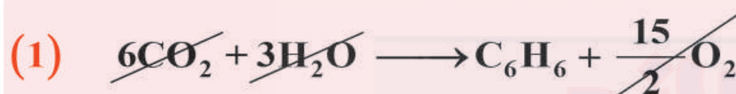
$$(2)\quad C_{gra} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_{c(C)} = \Delta H^\circ_r = -394 KJ/mol$$



$$(3)\quad H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H^\circ_{c(H_2O)} = \Delta H^\circ_r = -286 KJ/mol$$

اعادة ترتيب المعادلات حسب معادلة الهدف:

المعادلة رقم (1) تقلب:



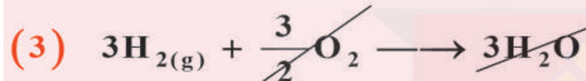
$$(1)\quad 6CO_2 + 3H_2O \longrightarrow C_6H_6 + \frac{15}{2}O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = -3271 KJ/mol$$

المعادلة رقم (2) تضرب ×6:



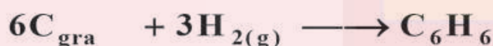
$$(2)\quad 6C_{gra} + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 \qquad \Delta H^\circ_r = -2364 KJ/mol$$

المعادلة رقم (3) تضرب ×3:



$$(3)\quad 3H_{2(g)} + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow 3H_2O \qquad \Delta H^\circ_r = -858 KJ/mol$$

بالجمع



$$6C_{gra} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_6 \qquad \Delta H^\circ_r = 49 KJ/mol = \Delta H^\circ_f$$

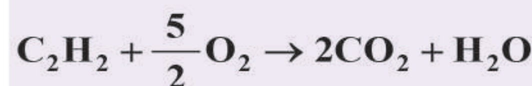
س (1-19) ك: في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين C_2H_2 $(M = 26\ g/mol)$ فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق تساوي 130 KJ. احسب انثالبية التكوين القياسية للاستيلين إذا علمت إن: $\Delta H^\circ_f(CO_2) = -393.5\ KJ/mol$, $\Delta H^\circ_f(H_2O) = -286\ KJ/mol$

ج:

$q = 130\ KJ = -130\ KJ$ لأن كمية الحرارة منبعثة

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2.6}{26} = 0.1\ mol$$

$$\Delta H^\circ_r = \frac{-q}{n} = \frac{-130}{0.1} = -1300\ KJ/mol$$



$$C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$$

$$\Delta H^\circ_r = \sum n\ \Delta H^\circ_{f(P)} - \sum n\ \Delta H^\circ_{f(R)}$$

$$-1300 = [-787 - 286] - [X]$$

$$X = \Delta H^\circ_{f(C_2H_2)} = 227\ KJ/mol$$

ملاحظة

ممكن حل السؤال باستخدام قانون هيس إذا طلب ذلك.

الطريقة الثانية

باستخدام (قانون دالة الحالة)

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

حيث $\sum$ يعني (مجموع) و n تعني عدد المولات النظرية لكل مادة في المعادلة.

انتبه: تكون قيمة $\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ$ اذا كان التفاعل لاحتراق مول واحد من المادة لذا يمكن للقانون ان يكون كالآتي:

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

تذكير: $\Delta H_f^\circ = 0$ لأي عنصر بأثبت صوره.



مثال (1-8): تفاعل الثرميت الذي يتضمن الألمنيوم واوكسيد الحديد (III) كالآتي احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل إذا علمت:



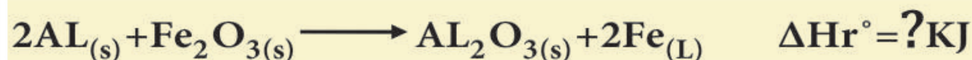
$$2AL_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow AL_2O_{3(s)} + 2Fe_{(L)} \qquad \Delta Hr^\circ = ?KJ$$

$$\Delta H_f^\circ\left(AL_2O_{3(s)}\right) = -1670\ \ kJ/mol$$

$$\Delta H_f^\circ\left(Fe_2O_{3(s)}\right) = -822\ \ kJ/mol$$

$$\Delta H_f^\circ\left(Fe_{(L)}\right) = 12\ \ kJ/mol$$

ج:



$$2AL_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow AL_2O_{3(s)} + 2Fe_{(L)} \qquad \Delta Hr^\circ = ?KJ$$

$$\Delta H_f^\circ = [2(0) + (-822)]_R \qquad [(-1670) + 2(12)]_P$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\ \Delta H_f^\circ(Products) - \sum n\ \Delta H_f^\circ(Reactants)$$

ثم نطبق القانون على المعلومات الموجودة لدينا لحساب ΔH_r°:

$$\Delta H_r^\circ = [(-1670) + 2(12)KJ/mol] - [2(0) + (-822)KJ/mol]$$

$$\Delta H_r^\circ = [-1646\ KJ/mol] - [-822\ KJ/mol]$$

$$\Delta H_r^\circ = -1646 + 822$$

$$\Delta H_r^\circ = -824\ kJ/mol$$

تمرين (1-9): يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي ثنائي اوكسيد الكاربون الغاز والماء السائل.

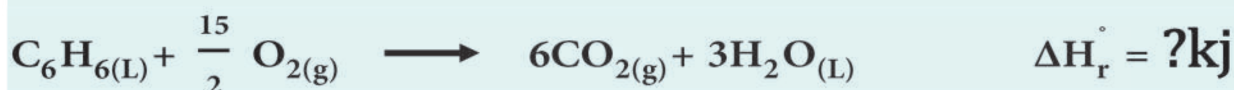
احسب ΔH_r° لهذا التفاعل إذا علمت ان:

$\Delta H_f^\circ(C_6H_{6(L)})=49$ KJ/mol

$\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)})=-394$ kJ/mol

$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(L)})=-286$ KJ/mol

ج:



$$C_6H_{6(L)}+\frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)}+3H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r^\circ = ?kj$$

$\Delta H_f^\circ=[49+\text{صفر}] \longrightarrow [6(-394)+3(-286)]$

$$\Delta H_r^\circ=\sum n\ \Delta H_f^\circ(P) - \sum n\ \Delta H_f^\circ(R)$$

$\Delta H_r^\circ=[(6(-394)+3(-286)] - [49]$

$\Delta H_r^\circ= -2364 - 858 - 49 = -3271$ KJ/mol



مثال خارجي: يحترق كحول الاثيل السائل $C_2H_5OH_{(L)}$ مع الاوكسجين محرراً طاقة مقدارها:

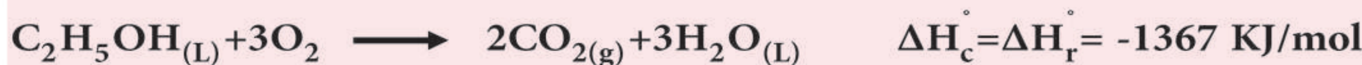
$\Delta H_c^\circ(C_2H_5OH_{(L)})= -1367$ KJ/mol

احسب $\Delta H_f^\circ(C_2H_5OH_{(L)})$ اذا علمت ان:

$\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)})=-394$ KJ/mol

$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(L)})=-286$ KJ/mol

ج: نكتب معادلة الاحتراق حسب الشروط:



$$C_2H_5OH_{(L)}+3O_2 \longrightarrow 2CO_{2(g)}+3H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_c^\circ=\Delta H_r^\circ= -1367 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_r^\circ= \sum n\ \Delta H_f^\circ(P) - \sum n\ \Delta H_f^\circ(R)$$

$-1367=[2(-394)+3(-286)]-[\Delta H_f^\circ(C_2H_5OH_{(L)})]$

$\Delta H_f^\circ(C_2H_5OH_{(L)})=-279$ KJ/mol

أ.خالد الدليمي 07813351668

س (1-25) ك: احسب ΔH_r° للتفاعل الآتي عند درجة حرارة 25C° وضغط 1 atm:



$$2NH_{3(g)}+3O_{2(g)}+2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(g)}+6H_2O_{(g)}$$

اذا اعطيت المعلومات الآتية:

$\Delta H_f^\circ(NH_{3(g)})=-46$ KJ/mol $\Delta H_f^\circ(CH_4)=-75$ KJ/mol

$\Delta H_f^\circ(HCN)=135$ KJ/mol $\Delta H_f^\circ(H_2O_{(g)})=-242$ KJ/mol

ج: $\Delta H_r^\circ=-940$ KJ/mol



س (1-26) ك: احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(s)}$ اذا اعطيت المعلومات الآتية:

$$P_4O_{10(s)}+4HNO_{3(s)} \longrightarrow 4HPO_{3(L)}+2N_2O_{5(g)} \quad \Delta H_r^\circ=-180KJ$$

وان ΔH_f° للمركبات الآتية هي:

$\Delta H_f^\circ(P_4O_{10})=-2984$ KJ/mol $\Delta H_f^\circ(HNO_3)=-174$ KJ/mol

$\Delta H_f^\circ(N_2O_5)=-43$ KJ/mol

ج: $\Delta H_f^\circ(HPO_3)=-943.5$ KJ/mol

كمية الحرارة

- للأجسام $q = C \cdot \Delta T$ ، $C = ς.m$
- للتفاعل ΔHr
  - انثالبي التغيرات الفيزيائية
    - $\Delta H_{cryst} = -$
    - $\Delta H_{fus} = +$
    - $\Delta H_{cond} = -$
    - $\Delta H_{vap} = +$
  - باستخدام المسعر
    - $\Delta H_r^\circ = \frac{-q_P}{n}$
    - $\Delta H_r^\circ = q_P = c.\Delta T$
  - $\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ \times n$
  - $\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ \times n$
  - قانون هيس
  - قانون دالة الحالة



س (1-28) ك: ماذا نعني بالعملية التلقائية، وضح ذلك ثم أعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية؟





ج: **العمليات التلقائية:** وهي العمليات التي تحدث من تلقاء نفسها دون تأثير من أي مؤثر خارجي.

العملية غير التلقائية: هي العملية التي لا تحدث بشكل تلقائي إلا بوجود مؤثر خارجي.

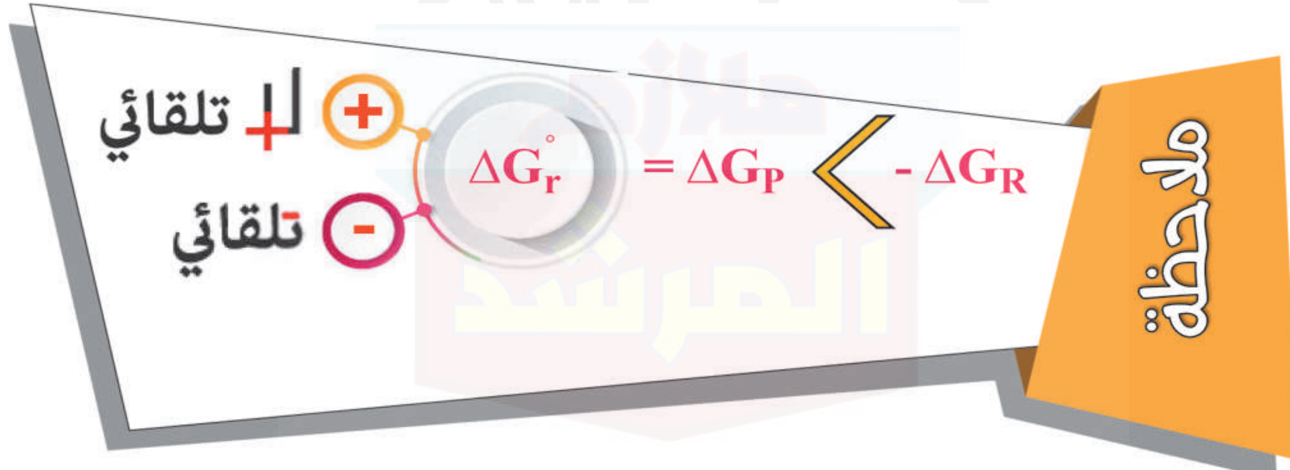
ومن أمثلة العمليات التلقائية الفيزيائية والكيميائية هي:

1. سقوط الماء من أعلى الشلال، ولكن صعوده اليه عملية غير تلقائية.
2. انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ولكن عكس ذلك لا يحدث مطلقاً.
3. ذوبان قطعة السكر تلقائياً في كوب القهوة، ولكن السكر المذاب لا يتجمع تلقائياً كما في شكله الابتدائي.
4. انجماد الماء النقي تلقائياً تحت (0C°) وينصهر الجليد تلقائياً فوق (0C°) عند ضغط (1 atm).
5. يصدأ الحديد تلقائياً عندما يتعرض للاوكسجين والرطوبة. ولكن صدأ الحديد لا يتحول تلقائياً الى حديد.



علل: ما السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائياً؟

ج: لأن الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام وهذا يوضح سبب انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد وسبب سقوط الماء من أعلى الشلال بشكل تلقائي.



س: هل ان جميع العمليات التلقائية تكون باعثة للحرارة ولماذا؟

ج: كلا وذلك لسبب بسيط جداً هو ان هنالك بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية تكون ماصة للحرارة وتحدث تلقائياً مثل:

1. انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية وهي ماصة للحرارة.
2. تبخر الماء عملية تلقائية وماصة للحرارة.

س (1-29) ك: أي من العمليات التالية تلقائية وأيها غير تلقائية:

أ. ذوبان ملح الطعام في الماء. **ج:** تلقائي.

ب. تسلق قمة ايفرست. **ج:** لا تلقائي.

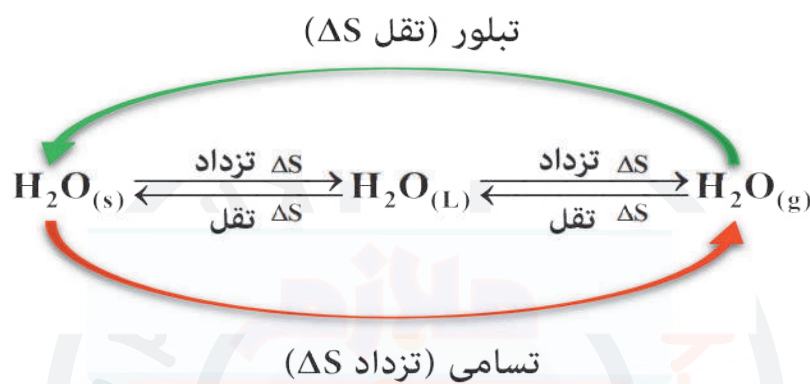
جـ. انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد رفع غطاء قنينة العطر. **ج:** تلقائي.

د. فصل الهيليوم والنيون من مزيج من الغازات. **ج:** لا تلقائي.

الانتروبي ΔS (Entropy)

س (1-30) ك: عرف الانتروبي، ما هي وحدات الانتروبي حسب النظام الدولي للوحدات (SI) ؟

ج: وتعرف: وهي دالة حالة ثرموداينميكية وخاصية شاملة تعتبر مقياس درجة اللاانتظام أو العشوائية للنظام الثرموداينميكي وتقاس بوحدة J/K.mol.





كيفية حساب ΔS للتفاعلات

للتفاعلات الكيميائية

- كل تسخين ΔS = +
- كل تبريد ΔS = -
- تفكك تحلل تجزأ تأين ΔS = +
- تكوين (اتحاد) ΔS = -
- كل ذوبان ΔS = +
- عدا الغاز ΔS = -

التغيرات الفيزيائية

- عملية الانصهار والتبخر ΔS = +
- عملية الانجماد والتكثيف ΔS = -
- عملية التسامي ΔS = +
- عملية التبلور ΔS = -
- زيادة الحجم ΔS = + طردي
- زيادة الضغط ΔS = - عكسي
- زيادة عدد المولات في المعادلة ΔS = +

ملاحظة

التناسب بين الانثالبي والانتروبي طردي.



مثال (1-9): تنبأ فيما اذا كان التغير في الانتروبي ΔS أكبر أو أقل من الصفر للعمليات الآتية:

أ. تجمد كحول الأثيل. ب. تبخر سائل البروم.

جـ. ذوبان الكلوكوز في الماء. د. تبريد غاز النتروجين من $80C^{\circ}$ الى $20C^{\circ}$.

ج: أ. ان عملية انجماد الكحول تؤدي الى حدوث انتظام أكبر (تقل العشوائية) لجزيئات الكحول ولهذا فان التغير في الانتروبي ΔS يكون أصغر من الصفر.

$$\Delta S < 0$$

ب. ان تحول البروم السائل الى بخار يزيد عشوائية جزيئات البروم وبالتالي فإن التغير في الانتروبي يكون اكبر من الصفر.

$$\Delta S > 0$$

جـ. تنتشر جزيئات الكلوكوز الصلب في الماء مما يؤدي الى زيادة العشوائية أي ان التغير في الانتروبي ΔS أكبر من الصفر.

$$\Delta S > 0$$

د. ان تبريد غاز النتروجين من $80C^\circ$ الى $20C^\circ$ سوف يقلل عشوائية الجزيئات فيقل التغير في الانتروبي ويكون اقل من الصفر.

$$\Delta S < 0$$



تمرين (1-10): كيف يتغير انتروبي النظام للعمليات الآتية:

أ. تكثيف بخار الماء. ب. تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع.

جـ. تسخين غاز H_2 من $20C^\circ$ الى $80C^\circ$. د. تسامي اليود.

ج: أ. التغير في الانتروبي سوف يقل. ب. التغير في الانتروبي سوف يقل.

جـ. التغير في الانتروبي سوف يزداد. د. الحالة الغازية (اكثر عشوائية) لذا فإن ΔS سوف يزداد.



علل: لا يوجد عنصر قيمة الانتروبي له تساوي صفر؟

ج: لأن لكل عنصر انتروبي خاص به حالته (صلبة أو سائلة أو غازية).



علل: تزداد قيمة الانتروبي بزيادة درجة الحرارة؟

ج: بسبب زيادة الطاقة الحركية لجزيئات المادة وبذلك تزداد العشوائية أي يزداد الانتروبي.



علل: 1. ما سبب زيادة الانتروبي عند اذابة السكر في الماء؟

ج: بسبب تداخل جزيئات السكر مع جزيئات الماء في المحلول.

2. ما سبب زيادة الانتروبي عند اذابة ملح الطعام NaCl في الماء؟

ج: بسبب: 1. تداخل جزيئات NaCl مع جزيئات الماء.

2. تأين الملح Na^+ و Cl^-.



حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

باستخدام (قانون دالة الحالة)

يمكن حساب التغير في انتروبي التفاعل القياسية (ΔS°) للتفاعل الكيميائي باستخدام قانون الدالة الحالة:

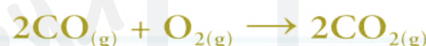
$$\Delta Sr^\circ = \sum n\Delta S^\circ_{(P)} - \sum n\Delta S^\circ_{(R)}$$

(نواتج) (متفاعلات)

حيث ان $\sum$ تعني مجموع و n تمثل عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الكيميائية.



مثال (1-10): احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔSr° للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm؟



$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

اذا علمت ان:

$S^\circ(CO) = 198$ J/K.mol , $S^\circ(CO_2) = 214$ J/K.mol , $S^\circ(O_2) = 205$ J/K.mol

ج:



$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2 \qquad \Delta Sr^\circ = ?$

$S^\circ = 2(198) + 205 \quad 2(214)$

$\Delta Sr^\circ = [2 \times 214] - [(2 \times 198) + 205] \qquad \Delta Sr^\circ = \Sigma n\Delta S^\circ_{(P)} - \Sigma n\Delta S^\circ_{(R)}$

$\Delta Sr^\circ = [428 - 601]$

$\Delta Sr^\circ = -173$ J/K.mol



تمرين (1-11): احسب التغير في انتروبي المطلقة ΔSr° للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^\circ$ وضغط 1atm؟



$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

اذا علمت ان: $S^\circ(Fe_2O_3) = 87$ J/K.mol , $S^\circ(Fe) = 27$ J/K.mol , $S^\circ(O_2) = 205$ J/K.mol

ج: -549 J/K.mol

سؤال خارجي: احسب التغير في انتروبي ΔSr° للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^{\circ}$ وضغط 1atm؟



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$$

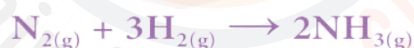
اذا علمت إن:

$S^{\circ}(CH_4) = 186\ J/K.mol$, $S^{\circ}(CO_2) = 214\ J/K.mol$

$S^{\circ}(O_2) = 205\ J/K.mol$, $S^{\circ}(H_2O) = 70\ J/K.mol$

ج: -242 J/K.mol

س (1-27) ك: احسب ΔSr° للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^{\circ}$ وضغط 1atm؟



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

اذا علمت إن:

$S^{\circ}(N_2) = 192\ J/K.mol$, $S^{\circ}(H_2) = 131\ J/K.mol$, $S^{\circ}(NH_3) = 193\ J/K.mol$

ج: -199 J/K.mol

أ.خالد الدليمي 07813351668

سؤال خارجي: كيف يتغير انتروبي النظام (تزداد أم تقل) في كل مما يأتي من العمليات:

أ. ذوبان مادة صلبة في مذيب. ج:

ب. تجمد سائل. ج:

جـ. تحول بخار الى سائل. ج:

د. تكثف بخار الى سائل. ج:

هـ. تسامي مادة صلبة. ج:

و. ذوبان اليوريا في الماء. ج:

س (1-32) ك: احسب ΔSr° للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm؟



$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(L)}$$

اذا اعطيت المعلومات الآتية:

$S^\circ(SiH_4) = 206$ J/K.mol , $S^\circ(O_2) = 205$ J/K.mol

$S^\circ(SiO_2) = 42$ J/K.mol , $S^\circ(H_2O) = 70$ J/K.mol

ج: -434 J/K.mol

س (1-33) ك: اذا علمت ان قيمة ΔSr° للتفاعل التالي تساوي 137 J/K.mol عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm وان قيم $\Delta S^\circ(O_2) = 205$ J/K.mol فما قيمة S° للاوزون O_3؟



$$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$$

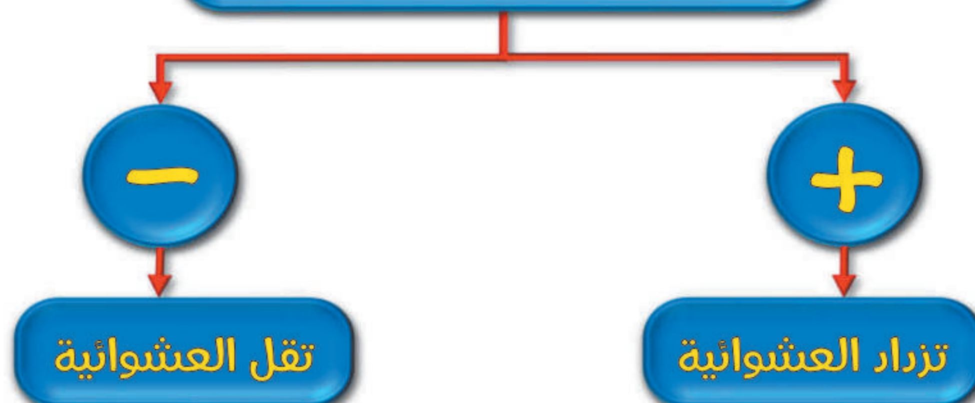
ج: 239 J/K.mol

تذكير للمعلومات السابقة

- ما الفائدة من دراسة انثالبي التفاعل؟!



- ما الفائدة من دراسة انتروبي التفاعل؟!



طاقة كبس الحرة ΔG (Gibbs Free Energy)

وهي دالة حالة ثرموداينميكية وخاصية شاملة تتيح لنا التنبؤ بتلقائية العمليات الفيزيائية أو الكيميائية وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانثالبي والانتروبي من خلال علاقة سميت بعلاقة كبس.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ملاحظة : سميت طاقة كبس الحرة باسم العالم كبس الذي وجد علاقة تربط بين الانثالبي (ΔH) والانتروبي (ΔS) ويرمز للتغير في الطاقة الحرة لكبس بالرمز (ΔG):

حيث ان : (ΔG) التغير في الطاقة الحرة: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

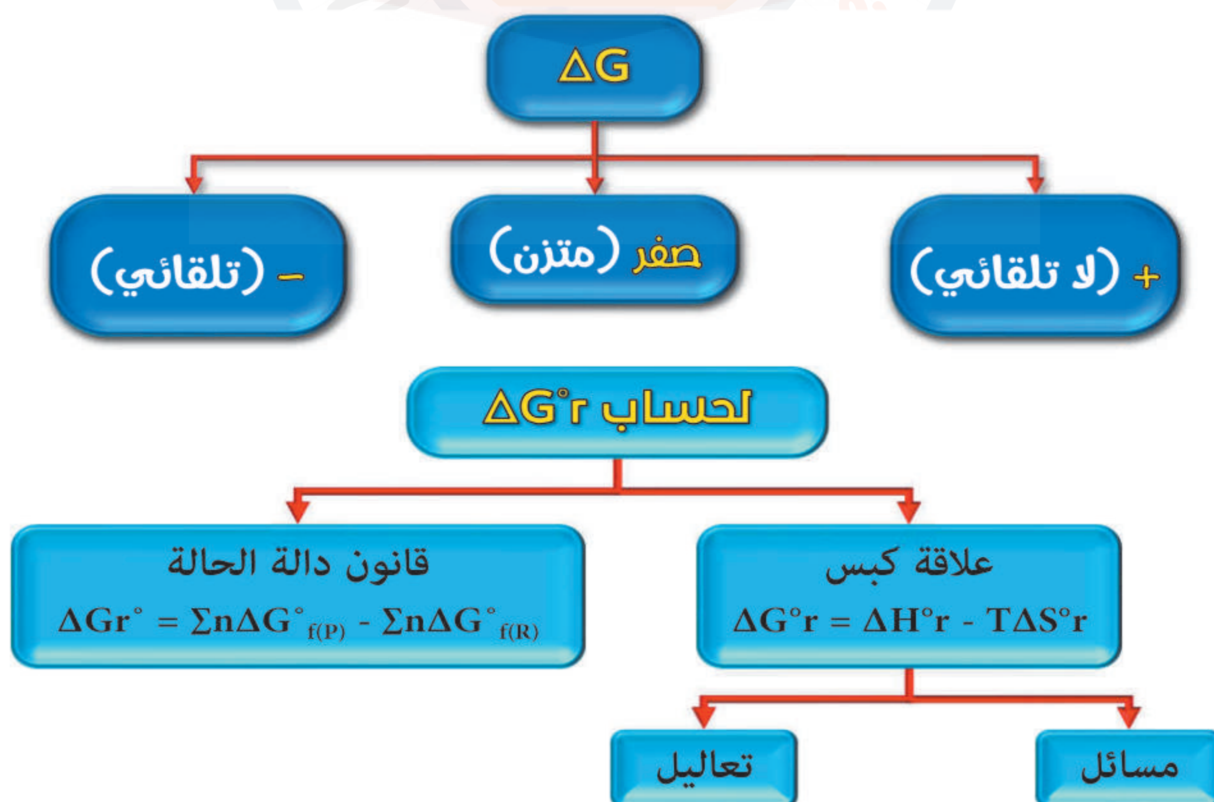
و (T) هي درجة الحرارة المقاسة بالكلفن (K).

لتحويل درجة الحرارة من C° الى (K): $T_{(K)} = tc^\circ + 273$

اذا كانت الظروف القياسية $(1atm , 25C^\circ)$ يكون القانون كالآتي: $\Delta G^\circ r = \Delta H^\circ r - T\Delta S^\circ r$

ملاحظة مهمة : عند تعويض قيمة الانتروبي في علاقة كبس يجب تحويل وحداتها من (J) الى (KJ) بالقسمة على (1000).

انتبه : تدل اشارة طاقة كبس على تلقائية أو لا تلقائية التفاعلات وحسب الآتي:



علاقة كبس

$$\Delta G°r = \Delta H°r - T\Delta S°r$$

تمرين (1-13): احسب $\Delta Gr°$ للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C°$ وضغط 1atm؟

$$C_5H_{12(L)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(L)}$$

حيث تم حساب $\Delta Hr°$ للتفاعل من قيم انثالبي التكوين القياسية وكانت تساوي:

$\Delta Hr° = -3536$ KJ/mol

وكذلك تم حساب $\Delta Sr°$ وكانت تساوي: $\Delta Sr° = 374$ J/K.mol

ج:

$\Delta G°r = \Delta H°r - T\Delta S°r$

$\Delta S°r = 374 / 1000 = 0.374$ KJ/mol

$\Delta G°r = -3536 - 298 \times 0.374$

$\Delta G°r = -3647.5$ KJ/mol

∴ التفاعل تلقائي لأن ΔG سالبة.



مثال: احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي: $2A + B_2 \longrightarrow 2AB$

إذا علمت ان: $\Delta S_r° = 20J / K.mol$ $\Delta H_r° = 2KJ / mol$

وهل التفاعل تلقائي أم لا؟

ج: نطبق علاقة كبس مع الانتباه الى تحويل $\Delta Sr°$ الى وحدة KJ:

$$\Delta S_r° = \frac{20}{1000} = 0.02 \ KJ / K.mol$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 2 - 298(0.02)$$

$$\Delta G_r° = 2 - 5.96$$

$$\Delta G_r° = -3.96 \ KJ / mol$$

∴ التفاعل تلقائي لأن ΔG سالبة.



تمرين (1-14): اذا كان لديك التفاعل الآتي:

$$HCOOH_{(L)} \rightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(L)}$$

فإذا كانت قيمة $\Delta H°_r$ للتفاعل تساوي 16KJ/mol والتغير في الانتروبي $\Delta S°_r$ يساوي 234J/K.mol احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية (1atm ، 25C°) وهل التفاعل تلقائي أم لا؟

ج: -53.7 KJ/mol / التفاعل تلقائي

الجدول 1-6 العوامل المؤثرة على اشارة ΔG في العلاقة $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

ΔH	ΔS	ΔG	مثال
+	+	يجري التفاعل تلقائياً عند درجات الحرارة العالية. وعند درجات الحرارة المنخفضة يكون التفاعل تلقائياً في الاتجاه الخلفي.	$2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(L)} + O_{2(g)}$
+	-	ΔG دائماً موجبة، يكون التفاعل غير تلقائي (يجري التفاعل تلقائياً بالاتجاه الخلفي) عند درجات الحرارة جميعها.	$3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$
-	+	ΔG دائماً سالبة يجري التفاعل تلقائياً عند درجات الحرارة جميعها.	$2H_2O_{2(L)} \rightarrow 2H_2O_{(L)} + O_{2(g)}$
-	-	يجري التفاعل تلقائياً عند درجات الحرارة المنخفضة. وعند درجات الحرارة العالية يصبح التفاعل تلقائياً بالاتجاه الخلفي.	$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية

تعد معادلة كبس مهمة جداً عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

لأن استخدام قيم ΔG تغنينا عن أخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي، يتضمن التغير في الطاقة الحرة (ΔG) حسب معادلة كبس عاملين مهمين يؤثران على تلقائية التفاعل الكيميائي وهما:

العامل الأول: إذا كانت قيمة $\Delta H = -$ سالبة أي التفاعل باعث للحرارة وتكون التلقائية أكثر احتمالاً
$\Delta G = -$

العامل الثاني: إذا كانت قيمة $\Delta S = +$ موجبة (ازدياد العشوائية) أو عدم النظام فتكون التلقائية أكثر احتمالاً $\Delta G = -$

وملخص العاملين أعلاه لكي تكون العملية تلقائية $\Delta G = -$ بغض النظر عن تأثير درجة الحرارة فإن قيم $\Delta S = +$ و $\Delta H = -$

انتبه

تؤثر إشارة كل من ΔS و ΔH على قيم ΔG حسب المعطيات الآتية:

1. إذا كانت $\Delta H = +$ موجبة وقيمة $\Delta S = -$ سالبة فستكون قيمة $\Delta G = +$ موجبة دائماً بغض النظر عن تأثير درجة الحرارة.
2. إذا كانت $\Delta H = -$ سالبة و $\Delta S = +$ موجبة فستكون قيمة $\Delta G = -$ سالبة دائماً بغض النظر عن تأثير درجة الحرارة.
3. إذا كان كل من $\Delta H = +$ و $\Delta S = +$ موجبة فتكون $\Delta G = -$ سالبة فقط عندما يكون الحد $T\Delta S$ أكبر من ΔH ويتحقق هذا عندما تكون T (درجة الحرارة) كبيرة.
4. إذا كان كل من $\Delta H = -$ و $\Delta S = -$ سالبة فإن $\Delta G = -$ سالبة فقط عندما يكون الحد $T\Delta S$ أصغر من ΔH أي عندما تكون درجة الحرارة (T) صغيرة.



مثال (1-12): التفاعل الآتي: $C_2H_5OH + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$

بالاستعانة بالمعلومات الآتية:

المادة	ΔH°_f KJ/mol	S° J/K.mol
$C_2H_5OH_{(L)}$	-278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(L)}$	-286	70

احسب: **أ.** ΔH°_r. **ب.** ΔS°_r. **جـ.** ΔG°_r عند الظروف القياسية للتفاعل.

ج: أ. حساب ΔH°_r:

$$\Delta H^\circ_r = \Sigma n\Delta H^\circ_{f(P)} - \Sigma n\Delta H^\circ_{f(R)}$$
$$\Delta H^\circ_r = [2(-394) + 3(-286)] - [(-278) + 3(0)]$$
$$\Delta H^\circ_r = -1368 \text{ KJ/mol}$$

ب. حساب ΔS°_r:

$$\Delta S^\circ_r = \Sigma nS^\circ_{(P)} - \Sigma nS^\circ_{(R)}$$
$$\Delta S^\circ_r = [2(214) + 3(70)] - [(161) + 3(205)]$$
$$\Delta S^\circ_r = -138 \text{ J/K.mol}$$
$$\Delta S^\circ_r \text{ (KJ/K.mol)} = \frac{-138}{1000}$$
$$= -0.138 \text{ KJ/K.mol}$$

جـ. حساب ΔG°_r: تحول درجة الحرارة من C° الى الكلفن (K):

$$T_{(K)} = tc^\circ + 273$$
$$25 + 273 = 298 \text{ K}$$
$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r$$
$$\Delta G^\circ_r = (-1368 \text{ KJ/mol}) - (298 \text{ K}) \times (-0.138 \text{ KJ/K.mol})$$
$$\Delta G^\circ_r = -1327 \text{ KJ/mol}$$

وبما ان قيمة ΔG سالبة فالتفاعل يحدث بشكل تلقائي تحت هذه الظروف.

انتبه : في تعاليل علاقة كبس يجب الانتباه الى ما يأتي:

1. التناسب بين ΔH , ΔS طردي عدا تفاعل تكوين الأوزون وتفكك بيروكسيد الهيدروجين يكون بينهما عكسي.
2. كل تفاعلات التفكك أو التحلل أو التجزء أو التأين تكون ΔH , ΔS موجبة دائماً.
3. في التفاعلات الغير تلقائية تكون اشارة ΔG موجبة ولكن نفترض ان التفاعل يحدث (تلقائي) لتحديد إشارة ΔH , ΔS.



س (1-39) ك: علل ما يأتي على ضوء علاقة كبس:

1. عملية انصهار الجليد تلقائية في الظروف الاعتيادية؟

ج: العملية تلقائية $\Delta G = -$

وبما انها عملية انصهار $\Delta H = +$

تزداد العشوائية بالانصهار $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$(-) = (+) - (+)$

$(-) = + < -$

تلقائي $= \Delta H < T\Delta S$

2. يذوب غاز ثنائي أوكسيد الكبريت في الماء تلقائياً ويبعث حرارة أثناء ذوبانه؟

ج: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

التفاعل تلقائي $\Delta G = (-)$

تفاعل باعث $\Delta H = (-)$

تقل العشوائية $\Delta S = (-)$

3. يتفكك أوكسيد الزئبق تلقائياً عند درجات الحرارة العالية وليس بالظروف الاعتيادية؟

ج: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

التفاعل تلقائي $\Delta G = (-)$

التفاعل ماص $\Delta H = (+)$

تزداد العشوائية $\Delta S = (+)$

4. لا ينجمد الماء تلقائياً بالظروف الاعتيادية؟

ج: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (+)$ التفاعل لا تلقائي

$\Delta H = (-)$ التفاعل باعث

$\Delta S = (-)$ تقل العشوائية

5. لا يتحلل الماء إلى عناصره الأولية بالظروف الاعتيادية؟

ج: $\Delta G = +$ لأن التحلل لا تلقائي

$\Delta H = +$ لأن التحلل ماص للحرارة

$\Delta S = +$ تزداد العشوائية بسبب التحلل

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ = + - +$

$+ = + > -$

$\Delta H > T\Delta S$ = لا تلقائي

6. لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية؟

ج: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (+)$ التفاعل لا تلقائي

$\Delta H = (+)$ التفاعل ماص

$\Delta S = (+)$ تزداد العشوائية بسبب التفكك

7. عملية تساقط الأمطار تلقائية؟ (تكون قطرات الندى) تلقائياً؟

ج: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (-)$ العملية تلقائية

$\Delta H = (-)$ العملية باعثة للحرارة

$\Delta S = (-)$ تقل العشوائية

8. تحلل الاوكسجين الى الاوزون غير تلقائي بالظروف الاعتيادية؟

ج: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (+)$ التحلل لا تلقائي

$\Delta H = (+)$ التحلل ماص

$\Delta S = (-)$ تقل العشوائية

كيفية ايجاد درجة الحرارة التي تجعل التفاعل تلقائي

$T > \frac{\Delta H}{\Delta S}$

اذا كانت اشارة ΔS الموجودة في السؤال **موجبة**

$T < \frac{\Delta H}{\Delta S}$

اذا كانت اشارة ΔS الموجودة في السؤال **سالبة**

س (1-36) ك: جد درجة الحرارة التي تصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية إذا علمت قيم ΔH وΔS لها:

التفاعل (A): $\Delta H = 126\ KJ/mol$ $\Delta S = 48\ J/K.mol$

التفاعل (B): $\Delta H = -12\ KJ/mol$ $\Delta S = -105\ J/K.mol$

ج: التفاعل (A)

أولاً نحول ΔS إلى وحدة KJ

$\Delta S = -0.048\ KJ/K.mol$

عندما يطلب في السؤال درجة الحرارة التي تجعل التفاعل تلقائي

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$T > \frac{\Delta H}{\Delta S} \quad T > \frac{126\ KJ/mol}{0.048\ KJ/K.mol} > 2625\ K$

التفاعل (B)

$\Delta S = \frac{-105}{1000} = -0.105\ KJ/K.mol$

$T < \frac{\Delta H}{\Delta S} \quad T < \frac{-12\ KJ/mol}{-0.105\ KJ/K.mol} < 114.28\ K$

س (1-37) ك: من قيم ΔH و ΔS تنبأ بأي التفاعلين التاليين يكون تلقائياً عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm؟

التفاعل (A) $\Delta H = 11\ KJ/mol$, $\Delta S = 30\ J/K.mol$

التفاعل (B) $\Delta H = 2\ KJ/mol$, $\Delta S = 113\ J/K.mol$

اذا لم يكن كل من التفاعلين تلقائياً عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm فبأي درجة حرارة قد يكونا تلقائيين؟



ج: (A) غير تلقائي عند $25C^\circ$ يكون تلقائي عند 366.7K

(B) تلقائي عند 25°

طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل ($\Delta G^\circ r$): وهي التغير في الطاقة الحرة للتفاعل عندما يجري تحت الظروف القياسية للتفاعل ($25C^\circ$ وضغط 1atm).

طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية ($\Delta G^\circ f$): تعرف بأنها مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول مواد من أي مركب من عناصره الاساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية ($25C^\circ$ وضغط 1atm).

س (1-34) ك: عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية (ΔG°_f) وما هي وحداتها؟ راجع الملزمة



س (1-2) ك: ما هي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI)؟



مثال (3-11): احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية ($25C^\circ$ وضغط 1atm) وبين هل التفاعل يجري تلقائياً أم لا عند هذه الظروف؟

$$2C_6H_{6(L)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(L)}$$



إذا علمت أن:

$\Delta G^\circ_f(C_6H_{6(L)}) = 173$ KJ/mol , $\Delta G^\circ_f(CO_{2(g)}) = -394$ KJ/mol , $\Delta G^\circ_f(H_2O_{(L)}) = -237$ KJ/mol

ج:

$$\Delta G^\circ_f = \Sigma n\Delta G^\circ_{f(P)} - \Sigma n\Delta G^\circ_{f(R)}$$
$$\Delta G^\circ_f = [12\Delta G^\circ_f + 6\Delta G^\circ_f(H_2O)] - [2\Delta G^\circ_f(C_6H_6) + 15\Delta G^\circ_f(O_2)]$$
$$\Delta G^\circ_f = [12\,(-394) + 6\,(-237)] - [2\,(173) + 15\,(0)]$$
$$\Delta G^\circ_f = [-4728 - 1422] - [346]$$
$$\Delta G^\circ_f = -6150 - 346$$
$$\Delta G^\circ_f = -6496 \text{ KJ/mol}$$

بما ان قيمة $\Delta G^\circ_f = -$ فالتفاعل تلقائي.



تمرين (1-12): جد قيمة ΔG°_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية ($25C^\circ$ وضغط 1atm) وبين هل التفاعل يحدث تلقائياً أم لا يحدث؟

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$



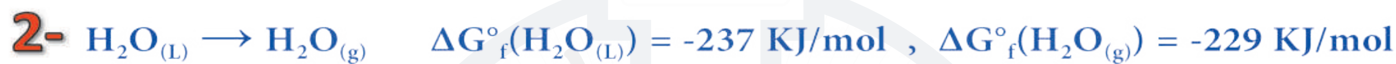
إذا علمت أن: $\Delta G^\circ_f(NO) = 87$ KJ/mol , $\Delta G^\circ_f(NO_2) = 52$ KJ/mol

ج: -70 KJ/mol التفاعل تلقائي

سؤال خارجي: احسب قيمة ΔG°_r للتفاعلات التالية عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm ، وبين هل التفاعل يحدث تلقائياً أم لا يحدث؟



1- $N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)}$ $\Delta G^\circ_f(NO) = 87\ KJ/mol$



2- $H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta G^\circ_f(H_2O_{(L)}) = -237\ KJ/mol$, $\Delta G^\circ_f(H_2O_{(g)}) = -229\ KJ/mol$

ج:

1- +174 KJ/mol 2- 8 KJ/mol

س (1-1) ك: عرف المصطلحات الآتية:

النظام:

المحيط:

المجموعة:

النظام المفتوح:

دالة الحالة:

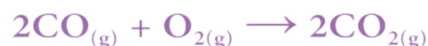
النظام المعزول:

الجول:

النظام المغلق:

القانون الأول الثرموداينميكي:

س (1-15) ك: جد قيمة $\Delta G°_r$ للتفاعل:



$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

الذي يجري في الظروف القياسية إذا اعطيت المعلومات الآتية:

$\Delta H°_f (CO) = -110.5$ KJ/mol , $\Delta H°_f (CO_2) = -393.5$ KJ/mol

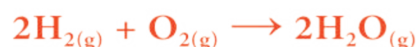
$S° (O_2) = 205$ J/K.mol , $S° (CO) = 198$ J/K.mol , $S° (CO_2) = 214$ J/K.mol



ج: $\Delta G°_r = -514.4$ KJ/mol



سؤال خارجي: للتفاعل:



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

احسب قيمة $\Delta S°_r$ للتفاعل بوحدات **J/K.mol** علماً بأن:

$\Delta H°_f (H_2O) = -242$ KJ/mol , $\Delta G°_f (H_2O) = -228$ KJ/mol

ج:

$\Delta H°_r = \Delta H°_f (H_2O) \times n$ $\quad\quad$ $\Delta H°_r = -484$ KJ/mol

$\Delta G°_r = \Delta G°_f (H_2O) \times n$ $\quad\quad$ $\Delta G°_r = -456$ KJ/mol

$\Delta G°_r = \Delta H° - T\Delta S°_r$

$\Delta S°_r = -94$ J/K.mol

س (1-24) ك: تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الآتية:



$$CaCO_{3(S)} \longrightarrow CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$$

قيمة ΔS°_r للتفاعل $160 J/K.mol$ فإذا علمت ان ΔH°_f لكل من $CaCO_3$, CaO , CO_2 هي على التوالي بوحدات KJ/mol $(-107 , -635 , -393.5)$ جد:

1. ΔH°_r للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة. **2.** ΔG°_r للتفاعل. **3.** درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي.



ج: **1.** $\Delta H^\circ_r = 178.5$ KJ/mol **2.** $\Delta G^\circ_r = 130.8$ KJ/mol **3.** $T > 1115.6$ K

حساب انتروبي ΔS التغيرات الفيزيائية

عرفنا سابقاً ان (ΔH_{Fus}) هي انثالبي الانصهار وتعني تحول المادة من حالتها الصلبة الى الحالة السائلة بدرجة حرارة تسمى درجة حرارة الانصهار Tm و (m) انصهار (melting).

و (ΔH_{Vap}) تعني انثالبي التبخر حيث تتحول المادة من الحالة السائلة الى الحالة البخارية (الغازية) عند درجة حرارة تسمى بدرجة الغليان (Tb) و (b) تعني غليان (boiling) وعند هاتين الدرجتين الحرارتين Tm و Tb تحدث حالة الاتزان حيث يتساوى ضغط بخار الماء الصلب أو السائل مع الضغط الجوي وهذا يعني ان قيمة $\Delta G =$ صفر لذا تصبح علاقة كبس كالآتي:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$0 = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta S_{tr} = \frac{\Delta H_{tr}}{T_{tr}}$$

حيث ان (tr) تعني انتقال transition

فعند عملية الانصهار التي تجري عند درجة حرارة الانصهار تصبح العلاقة كالآتي:

$$\Delta S_{Fus} = \frac{\Delta H_{Fus}}{T_m}$$

أما عند عملية التبخر التي تحدث عند درجة حرارة الغليان وتكتب العلاقة على الشكل الآتي:

$$\Delta S_{Vap} = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_{tr}}$$

علاقة تروتن

لاحظ العالم تروتن ان قيمة ΔS_{Vap} لأغلب السوائل تساوي قيمة ثابتة هي (85 J/K.mol) لذا تصبح العلاقة الأخيرة بالشكل الآتي:

$$\Delta S_{Vap} = 85\ J/K.mol = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$$

ان معادلة تروتن تستخدم لحساب انثالبي التبخر للسوائل من معرفة درجة حرارة غليانها.

علل: تكون قيمة الانتروبي لمعظم السوائل عند درجة الغليان تساوي 85 J/K.mol؟

ج: بسبب تشابه الشكل والتوزيع الفراغي لجزيئات السوائل وأبخرتها.



مثال (1-13): احسب انثالبي التبخر ΔH_{Vap} للهكسان عند الاتزان بوحدة KJ/mol إذا علمت ان درجة غليانه تساوي $69C^{\circ}$؟

ج:

$$T_{(K)} = tc^{\circ} + 273$$
$$= 69 + 273 = 342\ K$$

ومن علاقة تروتن:

$$\Delta S_{Vap} = 85\ J/K.mol = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$$

$$\Delta H_{Vap} = 85\ J/K.mol \times T_b$$
$$\Delta H_{Vap} = 85\ J/K.mol \times 342\ K = 29070\ J/mol$$

نحول الى KJ/mol فتقسم على 1000

$$\Delta H_{Vap} = \frac{29070}{1000} = 29\ KJ/mol$$



تمرين (1-15): احسب التغير في الانتروبي للتحول الآتي:

$$H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{Vap} = 44\ KJ/mol$$



عند درجة غليان الماء $100C^{\circ}$؟

ج:

$$T_{(K)} = tc^{\circ} + 273$$
$$= 100 + 273 = 373\ K$$
$$\Delta S_{Vap} = \frac{44\ KJ/mol}{273\ K}$$
$$\Delta S_{Vap} = 0.11796\ KJ/K.mol$$

لتحويل الوحدات من KJ الى J نضرب × 1000

$$\Delta S_{Vap} = 0.11796 \times 1000$$
$$\Delta S_{Vap} = 117.9 \simeq 118\ J/K.mol$$

سؤال خارجي: ما قيمة ΔS_r° لانصهار الجليد بوحدات J/K.mol اذا علمت ان انثالبية التكوين القياسية للماء السائل تساوي -286 KJ/mol وانثالبية التكوين القياسية للجليد تساوي -292 KJ/mol؟

ملاحظة: درجة الانصهار للجليد هي صفر سيليزي.

ج:

انتبه: هنالك تغير فيزيائي آخر وهو انثالبي التسامي ويساوي مجموع انثالبيات الانصهار والتبخر لكونه دالة حالة.

س (1-38): للتفاعل الآتي: $CaCO_{3(S)} \longrightarrow CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$

غير تلقائي بالظروف الاعتيادية بين حسابياً بأي درجة حرارة يصبح التفاعل تلقائي اذا علمت ($627\ C^\circ$ أو $927\ C^\circ$)

اذا علمت ان $\Delta H_r^\circ = 178.5$ KJ/mol و $\Delta S_r^\circ = 160$ J/K.mol

ج:

أولاً: نجد ΔG_r° عند حرارة $627\ C^\circ$

$T_{(K)} = tc^\circ + 273$

$\Delta S_r^\circ = 160/1000 = 0.16$ KJ/K.mol

$T = 627 + 273 = 900$ K

$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$

$\Delta G_r^\circ = 178.5$ KJ/mol $- (900$ K $\times 0.16$ K.J/K.mol$)$

$\Delta G_r^\circ = 178.5 - 144.0 = 34.5$ K.J/mol — التفاعل غير تلقائي عند حرارة $627\ C^\circ$

ثانياً: نجد ΔG_r° عند حرارة $927\ C^\circ$

$T = 927 + 273 = 1200$ K

$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$

$\Delta G_r^\circ = 178.5$ KJ/mol $- (1200$ K $\times 0.16$ K.J/K.mol$)$

$\Delta G_r^\circ = 178.5 - 192.0 = -13.5$ K.J/mol — التفاعل تلقائي عند حرارة $927\ C^\circ$

أ.خالد الدليمي 07813351668




قوانين الفصل الأول

$$\Delta T\ c^\circ = T_F\ c^\circ - T_i\ c^\circ$$

$$q_{(J)} = C \times \Delta T$$

$$C = \varsigma \times m(g)$$

$$\Delta H_r = \frac{-qp}{n}$$

$$\Delta H_{Fus} = -\Delta H_{crys}$$

$$\Delta H_{Vap} = -\Delta H_{cond}$$

$$\Delta H_r^\circ = \Sigma n \Delta H_f^\circ{}_{(P)} - \Sigma n \Delta H_f^\circ{}_{(R)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_C^\circ \times n$$

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ \times n$$

$$\Delta S_r^\circ = \Sigma n \Delta S^\circ{}_{(P)} - \Sigma n \Delta S^\circ{}_{(R)}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Sigma n \Delta G^\circ{}_{(P)} - \Sigma n \Delta G^\circ{}_{(R)}$$

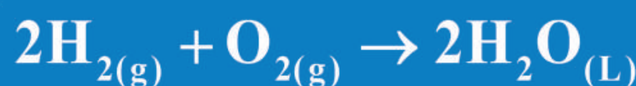
$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ علاقة كبس

$$\Delta S_{Vap} = 85\ J/K.mol = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$$

الفصل الثاني

(الاتزان الكيميائي في التفاعلات الكيميائية)

التفاعل الكيميائي: هو عملية تتحول فيها مادة واحدة أو اكثر إلى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة أو المواد التي تفاعلت في البداية ويعبر عن التفاعل الكيميائي بالمعادلة الكيميائية.



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(L)}$$

المعادلة الكيميائية: اختصار علمي يمثل التحول الحاصل في المواد المتفاعلة للحصول على النواتج. ويمثل السهم في المعادلة اتجاه التفاعل من المتفاعلات نحو النواتج.

تقسم التفاعلات الكيميائية حسب اتجاه التفاعل إلى

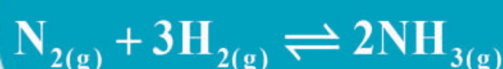
1. تفاعلات غير انعكاسية

(تامة $\longrightarrow$)

2. تفاعلات انعكاسية

(غير تامة $\rightleftharpoons$)

أ. متجانسة:



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

ب. غير متجانسة:



$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

1. التفاعلات غير الانعكاسية (تامة) :

وهي التفاعلات التي يتم فيها استهلاك تركيز أحد أو جميع المواد المتفاعلة بشكل تام عند ظروف معينة ولا يمكن للمواد الناتجة القدرة على تكوين المواد التي تكونت منها عند نفس الظروف. ويشار لها بسهم باتجاه واحد (⟶) ومن أمثلتها:



$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O_{(L)}$$

2. التفاعلات الانعكاسية (غير تامة) :

وهي التفاعلات التي لا تستهلك فيها تراكيز المواد المتفاعلة بشكل تام حيث يمكن للمواد الناتجة أن تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى. ويشار لها بسهمين متعاكسين (⇋) ومثال ذلك:



$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$ (في نظام مغلق)

أ. التفاعلات الانعكاسية المتجانسة:

وهي التفاعلات التي تكون فيها جميع المواد المتفاعلة والناتجة في طور واحد.



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

ب. التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة:

وهي التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في اكثر من طور واحد ومثال ذلك:

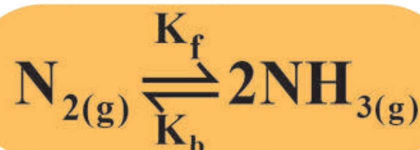


$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightleftharpoons 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(L)} + CO_{2(g)}$$

ملاحظة مهمة:

التفاعلات الانعكاسية وحالة الاتزان

أغلب التفاعلات الانعكاسية هي تفاعلات تستمر باتجاهين متعاكسين في ظروف التفاعل نفسها فمثلاً عند ظروف مناسبة يتفاعل غاز (H_2) مع غاز (N_2) لتكوين غاز الأمونيا (NH_3) .



$$N_{2(g)} \underset{K_b}{\overset{K_f}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

حيث أن K_F يمثل ثابت سرعة التفاعل الأمامي. K_b يمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي.

في بداية **هذا التفاعل** يكون التفاعل الأمامي سريعاً (R_F) سرعة التفاعل الأمامي حيث (F) تعني أمامي (Forward) أي باتجاه تكوين الأمونيا.

و بمرور الوقت يزداد تركيز الأمونيا الناتجة وعند نفس الظروف تتحلل الأمونيا الناتجة لتكوين غازي (H_2) و (N_2) بسرعة مقدارها (R_b) سرعة التفاعل الخلفي حيث أن (b) تعني backward (**خلفي**) . ويستمر التفاعل الأمامي (R_F) والخلفي (R_b) حتى يصل التفاعل إلى حالة معينة تتساوى عندها سرعتي التفاعلين الأمامي والخلفي $(R_F = R_b)$ فيصل التفاعل إلى حالة تدعى بحالة الاتزان الكيميائي.

حالة الاتزان الكيميائي:

هي حالة اتزان ديناميكي (**حركي**) وليست حالة اتزان ستاتيكي (**ساكن**) تصل إليها أغلب التفاعلات الانعكاسية عندما يصبح معدل سرعة التفاعل بكلا الاتجاهين (**الأمامي والخلفي**) متساوية. فتكون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عندها ثابتة دون تغير ما لم يحدث تغير على الظروف التي يتم عندها التفاعل لذا يبدو التفاعل عند الاتزان وكأنه قد توقف.

قانون فعل الكتلة

(عند ثبوت درجة الحرارة فإن سرعة التفاعل الكيميائي في أي اتجاه كان تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلاً منها مرفوع إلى أس يمثل عدد مولات تلك المواد في المعادلة الكيميائية الموزونة).

معلومات عامة

1. من هي التفاعلات التي تتوقف ومتى؟

- ....

2. من هي التفاعلات التي تصل إلى حالة الاتزان ومتى؟

- ....

قوانين ثابت الاتزان

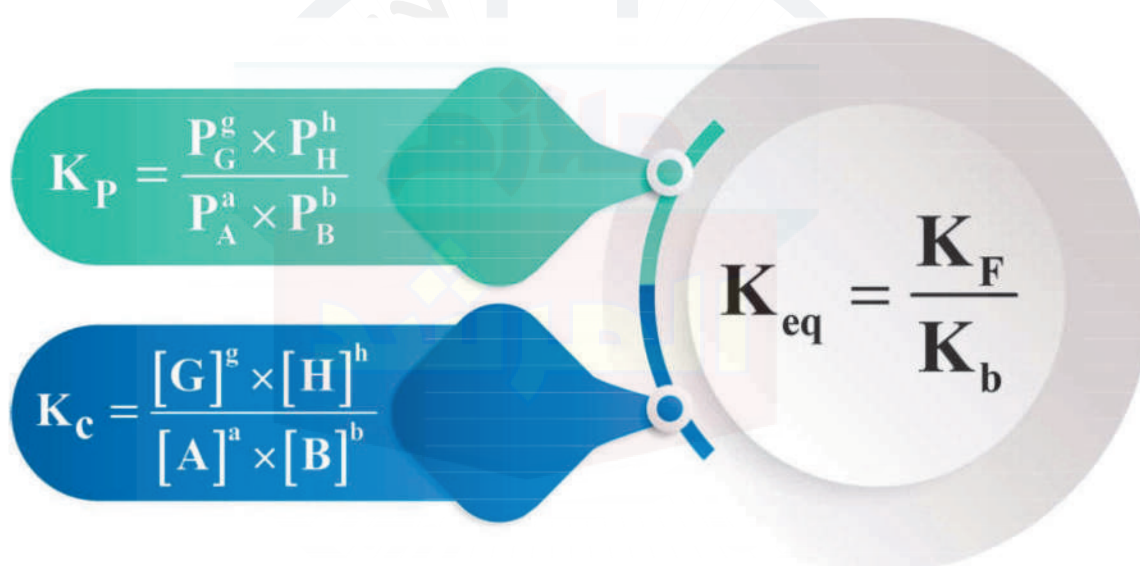
لنفرض أن لدينا التفاعل الانعكاسي المتزن الآتي:



$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

حيث أن كل من (A , B , G , H) تمثل المواد المتفاعلة والناتجة أما (a , b , g , h) فتمثل عدد المولات كل مادة في المعادلة.

ثابت الاتزان K_{eq} : يعرف بأنه النسبة بين ثابت سرعة التفاعل الأمامي (K_F) وثابت سرعة التفاعل الخلفي (K_b) .



$$K_P = \frac{P_G^g \times P_H^h}{P_A^a \times P_B^b}$$

$$K_c = \frac{[G]^g \times [H]^h}{[A]^a \times [B]^b}$$

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b}$$

ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية

K_c (Concentration)

هو حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة عند حالة الاتزان وكلاً منهما مرفوع إلى أس يمثل عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة عند ثبوت درجة الحرارة.

ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية (K_P)

هو حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كلاً منها مرفوع إلى أس يمثل عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة (وهي قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة).

انتبه :

1. في هذا الفصل نتعامل مع المواد الغازية فقط، وأي مادة ليست في الحالة الغازية نعوض قيمتها واحد في قوانين K_c و K_p.

2. تصل التفاعلات الغير متجانسة (تحتوي على أكثر من طور واحد) شأنها شأن التفاعلات المتجانسة إلى حالة الاتزان.

3. لا يمكن تعويض التراكيز أو الضغوط في قانون K_{eq} إلا اذا كانت محسوبة عند الاتزان.

4. أن العلاقة بين K_{eq} وتراكيز النواتج علاقة طردية حسب القانون وتكون عكسية مع المتفاعلات.

5. **علل:** يمكن حذف تراكيز المواد الصلبة والسائلة من علاقة ثابت الاتزان؟

ج: السبب في ذلك لأن المواد الصلبة والسائلة النقية يبقى تركيزها ثابتاً مهما تغيرت التراكيز خلال التفاعل. وكما في المثال الآتي:



تكتب علاقة ثابت الاتزان بدلالة التركيز المولاري للتفاعل أعلاه كالآتي:

$K_C = [CO_2]\ [H_2O]$

أو بدلالة الضغوط الجزئية تكون علاقة ثابت الاتزان كالآتي:

$K_P = PCO_2 \times PH_2O$



$K_C = [CO_2]$

$K_P = PCO_2$



مثال (2 - 1): التفاعل المتزن الآتي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

وجد أن ثابت سرعة التفاعل الامامي (K_F) يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي (K_b) يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان K_{eq} للتفاعل؟

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$



أ.خالد الدليمي 07813351668

تمرين (2 - 1): تفاعل متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.02 احسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي K_F ؟

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b}$$

$$K_F = K_{eq} \times K_b$$

$$= 4.42 \times 0.02$$

$$= 0.0848$$



مثال (2 - 2): اكتب ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية بدلالة التراكيز المولارية:



$$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

$$Kc = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}$$



$$NO^-_{2(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons HNO_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$$

$$Kc = \frac{[HNO_2][OH^-]}{[NO_2^-]}$$



$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightleftharpoons CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(L)}$$

$$Kc = \frac{[CaCl_2][CO_2]}{[HCl]^2}$$

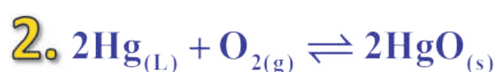


مثال (2 - 3): اكتب ثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية للتفاعلات الآتية:



1. $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

$$K_P = \frac{P^2NH_3}{P^3H_2 \times PN_2}$$

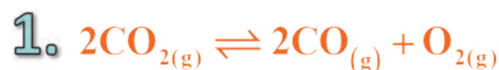


2. $2Hg_{(L)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$

$$K_P = \frac{1}{P_{O_2}}$$



تمرين (2 – 2): اكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_C وثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية K_p للتفاعلات الآتية:



1. $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

$$Kc = \frac{[CO]^2\,[O_2]}{[CO_2]^2} \qquad K_P = \frac{P^2{}_{CO} \times P_{O_2}}{P_{CO_2}}$$



2. $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$

$$Kc = \frac{CaCl_2}{[CO][Cl_2]} \qquad K_P = \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO} \times P_{Cl_2}}$$



3. $H_2O_{(g)} + C_{(S)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$



4. $2ZnS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$



5. $C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$



6. $2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(L)}$

كيفية حل مسائل ثابت الاتزان K_p أو K_c

الحالة الأولى: تعطى في السؤال التراكيز أو الضغوط للمواد المتفاعلة والناتجة محسوبة عند الاتزان والمطلوب حساب ثابت الاتزان. (تطبيق مباشر للقانون).

الحالة الثانية: تعطى في السؤال التراكيز أو الضغوط الابتدائية للمواد المتفاعلة فقط ويكون ثابت الاتزان معلوم. والمطلوب حساب تراكيز أو ضغوط المواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان.

الحالة الثالثة: تعطى تراكيز أو الضغوط الابتدائية للمواد المتفاعلة وبعض المعلومات للوصول إلى التراكيز عند الاتزان والمطلوب K_{eq} .

الحالة الرابعة: تعطى التراكيز أو الضغوط عند الاتزان ويكون ثابت الاتزان معلوم والمطلوب حساب التراكيز أو الضغوط الابتدائية.

01 الحالة الأولى

مثال (2 - 4): جد قيمة K_{eq} للتفاعل الآتي: $2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

إذا علمت أن التراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي:

$[H_2] = 0.1M$ ، $[C_2H_2] = 0.05M$ ، $[CH_4] = 0.02M$؟

ج: التراكيز في السؤال عند حالة الاتزان مقاسة بالمولارية لذا نستخدم علاقة ثابت الاتزان K_{eq} بدلالة K_C

$$K_C = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH_4]^2} = \frac{(0.05)(0.1)^3}{(0.02)^2} = \frac{5\times10^{-5}}{4\times10^{-4}} = 0.125$$

تمرين (2 - 3): جد قيمة K_{eq} للتفاعل الآتي عند 100C° : $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$

إذا علمت أن التراكيز لمواد التفاعل عند حصول حالة الاتزان هي:

$[NO_2] = 0.017M \quad , \quad [N_2O_4] = 0.002M$ ؟

ج: $K_C = 6.9$

الحالة الثانية 02

يعطى ثابت الاتزان في السؤال مع التراكيز أو الضغوط الابتدائية للمواد المتفاعلة ويكون المطلوب إيجاد تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند حصول الاتزان؟

انتبه :

1. عندما يكون الحجم يساوي (1L) فإن عدد المولات يساوي التركيز المولاري:

$$\text{المولارية } M = \frac{n}{v}$$

$$V = 1L \quad , \quad n = [\quad] = M$$

2. يجب التمييز بين التراكيز أو الضغوط الابتدائية والتراكيز أو الضغوط عند حالة الاتزان. ففي هكذا نوع من الأسئلة يجب على الطالب أن يعمل مخططاً للتفاعل يمر بثلاث مراحل للتفاعل تحت المعادلة الكيميائية.



تعوض من	معطيات	السؤال	[الابتدائية]
(+ nx)	(- nx)	(- nx)	[التغير]
جمع	الحقل الاول	والثاني	[الاتزان]

3. في حقل التغير في التراكيز تكون قيمة التغير في تراكيز المتفاعلات (- nx) حيث n - تمثل عدد المولات من المادة المتفاعلة أما (+ nx) فأنها تمثل مقدار ما يتكون من المادة الناتجة.



مثال (2-5): في التفاعل الآتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

خلط 0.5mol من H_2 و 0.5mol من I_2 في وعاء حجمه لتر وبدرجة حرارة 430°C وصل التفاعل إلى حالة الاتزان فوجد أن ثابت الاتزان $K_C = 5.29$ احسب تراكيز المواد التي تمثل مزيج الاتزان؟

$\sqrt{5.29} = 2.3$

ج: بما أن الحجم = 1 لتر

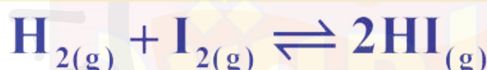
أذن عدد المولات = المولارية حسب القانون:

$$\text{المولارية } M = \frac{n(mol)}{v(l)}$$

1. يتم ايجاد التراكيز الابتدائية للمواد المتفاعلة:

$$[H_2] = [I_2] = \frac{0.5mol}{1L} = 0.5M \quad \text{أو} \quad mol/L$$

2. نكتب المعادلة ثم نرسم الجدول أسفل المعادلة ونفرض الفرضية وكالآتي:



$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

	H_2	I_2	$2HI$
[الابتدائية]	0.5M	0.5M	0.0
[التغير]	-X	-X	+2X
[الاتزان]	0.5 - X	0.5 - X	2X

3. نستخدم مفتاح حل السؤال الذي يعطى دائماً عند الاتزان:

$$K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \Rightarrow 5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X]^2}$$

بجذر الطرفين نحصل على

$$2.3 = \frac{2X}{(0.5 - X)}$$

$\boxed{X = 0.26 \ mol/l}$ تعوض عند الاتزان

عند الاتزان $[H_2] = [I_2] = 0.5 - 0.267 = 0.233 \ mol/l$

عند الاتزان $[HI] = 2 \times 0.267 = 0.534 \ mol/l$



تمرين (2-4): للتفاعل الآتي:

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وضع في أناء حجمه لتر واحد 0.4mol من كل من H_2 و Br_2 بدرجة حرارة (425°C) احسب تراكيز المواد التي تكون خليط الاتزان. إذا علمت أن ثابت الاتزان لهذا التفاعل ($K_C = 0.25$) ؟ $\sqrt{0.25} = 0.5$



ج: $[H_2] = [Br_2] = 0.32M$, $[HBr] = 0.16M$

ملاحظات مهمة:

انتبه : (مفاتيح حل الأسئلة التي تعطى عند الاتزان)

1. عندما يذكر في السؤال قيمة المستهلك أو المتفكك أو المتحلل من المادة المتفاعلة فهذا يمثل فرضية التغير في الجدول للمواد المتفاعلة (-nx) ونستفاد منه في إيجاد مقدار X الذي يعوض عند الاتزان.

2. عندما يذكر في السؤال مقدار المتبقي من المادة المتفاعلة فهذا يمثل تركيزها عند الاتزان ويعوض في قانون ثابت الاتزان. ونستفاد منه في إيجاد X أيضاً.

3. عندما يذكر مقدار المتكون (مقدار ما يزداد) من المادة الناتجة فهذا يمثل تركيز هذه المادة عند الاتزان ويعوض في قانون ثابت الاتزان. ونستفاد منه في إيجاد X أيضاً.

4. نستخدم قانون الغاز المثالي: $PV = nRT$ لإيجاد ضغط أي غاز أو عدد مولاته إذا كان معلوم الحجم والحرارة. كما في السؤال (2-26).

5. عدد المولات الكلية: $nT = n1 + n2 + n3 \ldots$
الضغط الكلي: $PT = P1 + P2 + P3 \ldots$

6. إذا أعطيت النسبة المئوية لتفكك المادة المتفاعلة.

$$\% \text{ للتفكك التحلل} = \frac{\text{(nx) تركيز الجزء المتفكك}}{\text{الابتدائي للمادة المتفاعلة}} \times 100\%$$

ملاحظة

نستفاد من القانون أعلاه في إيجاد قيمة X التي نعوض عند الاتزان.

س (2-24): للتفاعل المتزن:



$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

وفي إناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبدرجة حرارة 2000K وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد أن عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي 3mol. ما تركيز خليط الاتزان علماً أن ثابت الاتزان Kc يساوي 4 ؟

ج: $V = 1L \quad , \quad [\ \ ] = n$



$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

	CO_2	H_2	CO	H_2O
[الابتدائية]	y	y	0	0
[التغير]	-x	-x	+x	+x
[عند الاتزان]	y − x =	y − x =	x=	x=

$n_T = n_{CO_2} + n_{H_2} + n_{CO} + n_{H_2O}$

$3 = y - x + y - x + x + x$

$3 = 2y - 2x + 2x$

$y = 1.5\ mol = 1.5\ M$

$K_C = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$

$4 = \frac{X^2}{(1.5 - X)^2}$

بالجذر التربيعي للطرفين

$2 = \frac{X}{1.5 - X} \rightarrow \boxed{X = 1M}$ تعوض عند الاتزان

$[CO_2] = [H_2] = X = 1M$

$[CO_2] = [H_2] = 1.5 - X = 0.5M$



س (2-26): وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق 2L عند درجة حرارة 27°C وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الآتية: $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$
فإذا كان K_p للتفاعل يساوي 1.21. احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علماً بأن الكتلة المولية للغاز تساوي 20 g/mole .

$\sqrt{1.21}=1.1$

ج: نستخدم قانون الغاز المثالي لإيجاد الضغط الابتدائي لغاز HF .

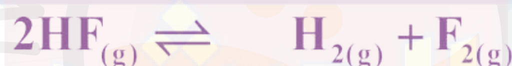
$$PV = nRT$$

$$P_{HF} = \frac{nRT}{V}$$

$$n_{HF} = \frac{m}{M} = \frac{4}{20} = 0.2mol$$

$$P_{HF} = \frac{0.2 \times 0.082 \times 300}{2} \qquad t(k) = 27 + 273 = 300K$$

$$P_{HF} = 2.46 \text{ atm}$$



$$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

	$2HF_{(g)}$	$H_{2(g)}$	$F_{2(g)}$
P الابتدائي	2.46	0	0
P التغير في	-2x	+x	+x
P عند الاتزان	2.46 – 2x =	x=	x=

$$K_P = \frac{P_{H_2} \times P_{F_2}}{P^2_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{X^2}{(2.46 - 2X)^2}$$ بالجذر التربيعي للطرفين

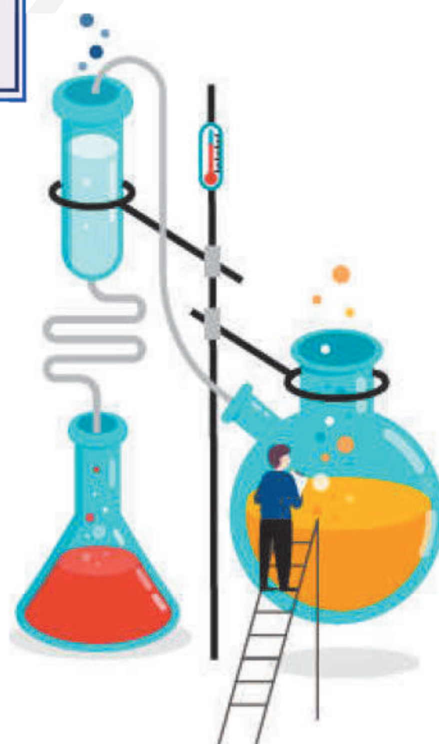
$$1.1 = \frac{X}{2.46 - 2X} \rightarrow X = 2.7 - 2.2X$$

$$3.2X = 2.7$$

$\boxed{X = 0.84 \text{ atm}}$ تعوض عند الاتزان

$$P_{HF} = 2.46 - 2X = 2.46 - 2(0.84) = 2.46 - 1.68$$

$$P_{HF} = 0.78 \text{ atm}$$



03 الحالة الثالثة

في هذا النوع من المسائل تعطى التراكيز أو الضغوط الابتدائية للمتفاعلات والمطلوب حساب ثابت الاتزان (K_C) أو (K_P) .

مثال (2-6): في أحد التجارب العلمية وضع 0.625 mol من غاز N_2O_4 في وعاء سعته (5L) فتفكك الغاز حسب التفاعل التالي بدرجة حرارة معينة. وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن تركيز N_2O_4 المتبقي يساوي 0.025 mol/L . احسب قيمة K_C لهذا التفاعل؟



$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

ج: يتم تحويل المول الى مولاري باستخدام قانون المولارية:

$$M(mol/l) = \frac{n(mol)}{V(\ell)} = \frac{0.652(mol)}{5(\ell)} = 0.125 mol\ell/\ell$$



$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

	N_2O_4	$2NO_2$
التراكيز الابتدائية	0.125	0.0000
التغير في التراكيز	-x	+2x
التراكيز عند الاتزان	0.125 – x	2x

تركيز $[N_2O_4]$ المتبقي (عند الاتزان) يساوي 0.025 mol/L أي أن:

$0.125 - x = 0.025$

$\boxed{x = 0.1\ mol/L}$ تعوض عند الاتزان

عند الاتزان $[NO_2] = 2x \Rightarrow 2 \times 0.1 = 0.2\ mol/L$

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{N_2O_4} = \frac{(0.2)^2}{(0.025)} = \frac{0.04}{0.025} = 1.6$$

تمرين (2-5): للتفاعل الآتي: $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

وضع في أناء حجمه لتر 0.8 mole من غاز CO_2 بدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن نصف كمية الغاز قد تفككت. احسب K_C ؟

ج: **معلومة:** يقصد بمصطلح كمية المتفكك هو ما استهلك من غاز CO_2 في مرحلة التغير.

CO_2 المتفكك من غاز $= 2X = 0.8 \times \frac{1}{2} = 0.4M$

تعوض عند الاتزان $X = \frac{0.4}{2} = 0.2M$



التراكيز الابتدائية	0.8 M	0	0
التغير في التراكيز	-2x	+2x	+x
التراكيز عند الاتزان	0.8 – 2x =	2x =	x =

$$K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} = \frac{(0.4)^2(0.2)}{(0.4)^2} = 0.2$$



سؤال خارجي: في إناء سعته لتر وضع 0.8 mol من غاز SO_3 حسب التفاعل التالي:



وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن ربع كمية الغاز قد تفككت احسب K_C ؟

ج:

CO_2 المتفكك من غاز $= 2X = 0.8 \times \frac{1}{4} = 0.2M$

تعوض عند الاتزان $X = \frac{0.2}{2} = 0.1M$



التراكيز الابتدائية	0.8 M	0	0
التغير في التراكيز	-2x	+2x	+x
التراكيز عند الاتزان	0.8 – 2x =	2x =	x =

$$K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} = \frac{(0.2)^2(0.1)}{(0.6)^2} = 0.011$$

مثال (2-7): التفاعل الغازي الآتي:



$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وجد أن ضغط غاز SO_3 قبل تفككه يساوي 3 atm عند درجة حرارة معينة بلغ التفاعل حالة الاتزان فوجد أن الضغط الكلي لخليط الغازات يساوي 4 atm . احسب K_p .

ج:



$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

	SO_3	SO_2	O_2
الضغط الابتدائي	3	0	0
التغير في الضغوط	-2x	+2x	+x
الضغوط عند الاتزان	3 – 2x	2x	x

$$4 = (3 - \cancel{2x}) + (\cancel{2x}) + (x)$$

$$4 = 3 + x$$

$\boxed{x = 1}$ تعوض عند الاتزان

$$K_P = \frac{(P_{SO_2})^2 (P_{O_2})}{(P_{SO_3})^2} = \frac{(2)^2(1)}{(1)^1} = 4$$

ملاحظات مهمة:

أ.خالد الدليمي 07813351668

مسائل النسبة المئوية لتحلل المادة المتفاعلة

س (2-18): للتفاعل المتزن:



$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

وجد أنه عند وضع مول من A_2 إناء التفاعل حجمه لتر واحد عند (STP) يصل التفاعل حالة الاتزان فوجد أنه يتحلل 1% من A_2 . ما قيمة K_C للتفاعل؟ وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من A_2 وعند ظروف التفاعل نفسها؟

ج:

V = 1 لتر

$\therefore [\ \ ] = n$



$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

	A_2	A
التراكيز الابتدائية	1M	0
التغير في التراكيز	-x	+2x
التراكيز عند الاتزان	1 – x =	2x =

$$\%A_2 \text{ لتحلل} = \frac{x}{1} \times \%100$$

$\boxed{x = 0.01}$ تعوض عند الاتزان

$$[A_2] = 1 - x = 1 - 0.01 = 0.99 = 1M$$

$$[A] = 2x = 0.02$$

$$K_C = \frac{[A]^2}{[A_2]} = \frac{[0.02]^2}{[1]} = 4\times10^{-4}$$

$$K_C = \frac{[A]^2}{[A_2]} \Rightarrow 4\times10^{-4} = \frac{[A]^2}{0.01}$$ بالجذر التربيعي للطرفين

$$2\times10^{-2} = \frac{[A]}{0.1} \Rightarrow [A] = 2\times10^{-3}M$$

سؤال خارجي: في وعاء حجمه لتر واحد وضع مول واحد من غاز NO_2 بدرجة حرارة معينة فوجد أن 40% من الغاز قد تفكك عند وصوله إلى حالة الاتزان حسب التفاعل الآتي:

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$$

احسب ثابت الاتزان K_C للتفاعل.

ج: $K_C = 0.09$



س (2-27): إذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 إلى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27°C وضغط 1 atm وفي إناء حجمه لتر واحد. احسب قيمة K_C للتفاعل. (معلومة: درجة التفكك تساوي الجزء إلى الكل مضروباً في 100).

ج: $K_C = 0.2$

أ.خالد الدليمي 07813351668

04 الحالة الرابعة

يكون ثابت الاتزان معلوم والمطلوب حساب التركيز أو الضغوط الابتدائية (قبل بدء التفاعل).

تمرين (2-6): في التفاعل الغازي الآتي:



وضعت كميات مختلفة (مولات مختلفة) من H_2 و N_2 في إناء سعته لتر عند وصول التفاعل لحالة الاتزان وجد أن ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 mole وما تبقى من N_2 يساوي 0.2 mole.
ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علماً بأن ثابت الاتزان $K_C = 200$ ؟

ج:

V = 1 لتر

$\therefore$ n = [ ]

نفرض y = الابتدائي [H] و z = الابتدائي $[N_2]$



الابتدائي	y	z	0
التغير	-3x = 0.3	-x	+2x
عند الاتزان	y – 3x = A	Z -x = 0.2M	2x = 0.2

$3x = 0.3 \Rightarrow \boxed{x = 0.1\ M}$ تعوض عند الاتزان

$Z - 0.1 = 0.2\ M \Rightarrow Z = 0.3M = [N_2]$ الابتدائي

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow 200 = \frac{(0.2)^2}{(A)^3(0.2)}$$

$$(A)^3 = \frac{0.2}{200} = 0.001$$

بالجذر التكعيبي للطرفين

$\boxed{A = 0.1}$ تعوض عند الاتزان

$\therefore y = 0.4\ M = [H_2]$ الابتدائي

س (21-2): في التفاعل المتزن الغازي: $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

وجد أنه ضغط PCl_3 الجزئي في الإناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل إلى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد أن ضغط Cl_2 يساوي 1 atm فإذا علمت أن K_P للتفاعل يساوي $\frac{1}{6}$ فما ضغطا غازي Cl_2 و PCl_3 في بداية التفاعل؟

ج: نفرض ضغط Cl_2 الابتدائي = Y

وضغط PCl_3 الابتدائي = 2y

وتعوض في بداية التفاعل:



$$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$$

	PCl_3	Cl_2	PCl_5
P الابتدائي	2y	y	0
التغير في P	-x	-x	+x
P عند الاتزان	2y – x =	y – 1 =	x =

$P_{PCl_5} = x = y - 1$ $\qquad P_{Cl_2} = 1\ atm$ $\qquad P_{PCl_3} = 2y\text{-}x \rightarrow 2y\text{-}(y\text{-}1)$

$= 2y - y + 1$

$= y + 1$

$$K_P = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{y-1}{(y+1)1}$$

$$6y - 6 = y + 1$$

$$6y - y = 6 + 1$$

$$5y = 7$$

$y = \frac{7}{5} = 1.4atm = P_{Cl_2}$ الابتدائي

$2y = 2(1.4) = 2.8atm = P_{PCl_3}$ الابتدائي

أ.خالد الدليمي 07813351668

العلاقة بين ثابتي الاتزان Kc و Kp

هناك علاقة تربط بين ثابتي الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_P وثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_C وهي كالآتي:

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$R = 0.082 \frac{atm.L}{mol.K}$$

T (درجة الحرارة المقاسة بالكلفن K)

انتبه : تتوقف العلاقة بين K_C و K_P على قيمة Δng وكالآتي:

أي مادة ليست في الحالة الغازية فأن عدد مولاتها = صفر.

مقدار التغير في عدد المولات الغازية

$$\Delta ng = \sum n_{(g)P} - \sum n_{(g)R}$$

$\Delta ng = +$	$\Delta ng =$ صفر	$\Delta ng = -$
$ng_P > ng_R$......1 $K_C < K_P$......2 $K_C = \frac{K_P}{(RT)^+}$......3	$ng_R = ng_P$......1 $K_C = K_P$......2	$ng_P < ng_R$......1 $K_C > K_P$......2 $K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$
مثال: $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ $\Delta ng = 1 - 0 = 1$ $K_C = K_P (RT)^{-1}$ $K_C = \frac{K_P}{(RT)^+}$	مثال: $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ $\Delta ng = 2 - 2 = 0$ $K_C = K_P (RT)^0$ $K_C = K_P$	مثال: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\Delta ng = 2 - 4 = -2$ $K_C = K_P (RT)^{-(-2)}$ $K_C = K_P (RT)^2$

مثال (2-8): في تفاعل ما $\Delta n_g = -1$ و $K_c = 4.1$ بدرجة حرارة $227C°$ فما قيمة K_p لهذا التفاعل؟

ج: نحول درجة الحرارة من وحدة $C°$ الى وحدة K

$$T(K) = t(C°) + 273 = 227 + 273 = 500\ K$$

$$K_C = K_P\,(RT)^{-\Delta ng} \Rightarrow 4.1 = K_P\,(0.082 \times 500)^1 \Rightarrow K_P = \frac{4.1}{8.2 \times 5} = \frac{4.1}{41} = 0.1$$



مثال (2-9): افترض حصول الاتزان للتفاعل الآتي عند درجة حرارة $300\ K$ ووجد إن قيم الضغوط الجزئية لكل من غازي النواتج عند حصول الاتزان تساوي $0.3\ atm$ احسب K_P و K_C للتفاعل.

$$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$$



ج:

$$K_P = (P_{NH_3})(P_{H_2S})$$

$$K_P = (0.3)(0.3) = 0.09$$

$$\Delta ng = \sum n_g - \sum n_g$$

متفاعلات - نواتج

$$\Delta ng = 2 - 0 \rightarrow \Delta ng = 2$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_C = 0.09(0.082 \times 300)^{-2}$$

$$K_C = \frac{0.09}{(0.082 \times 300)^2} = \frac{9 \times 10^{-2}}{(8.2 \times 3)^2}$$

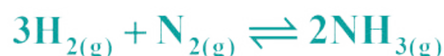
$$K_C = \frac{9 \times 10^{-2}}{(25)^2}$$

$$K_C = \frac{9 \times 10^{-2}}{625} = 1.5 \times 10^{-4}$$



تمرين (2-7): احسب قيمة K_C للتفاعل المتزن التالي عند $500°C$ إذا علمت أن قيمة $K_P = 1.5 \times 10^{-5}$ عند درجة الحرارة نفسها:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$



ج:

$$500 + 273 = 773\ K$$

$$\Delta ng = 2 - 4 = -2$$

$$K_C = K_P\,(RT)^{-\Delta ng}$$

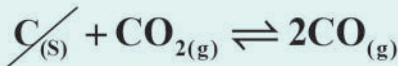
$$K_C = 1.5 \times 10^{-5}\,(0.082 \times 773)^2$$

$$K_C = 6026.6 \times 10^{-5} = 0.06$$

تمرين (2-8): إذا كانت $K_C = 1.6$ عند درجة حرارة 1000^oC للتفاعل الآتي: $C_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

احسب ضغط CO الجزئي في حالة الاتزان عندما يكون الضغط الجزئي لغاز CO_2 يساوي 0.6 atm؟

ج:



$$C_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$$

0.6 atm　　$P_{CO} = ?$

$$K_C = K_P (RT)^{-\Delta ng}$$

$$T_{(K)} = 1000 + 273 = 1273\ K$$

$$1.6 = \frac{K_P}{RT} \rightarrow 1.6 = \frac{K_P}{(0.082 \times 1273)} \rightarrow K_P = 167$$

$$K_P = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO_2}} \rightarrow 167 = \frac{P^2_{CO}}{0.6}$$

$P^2_{CO} = 100.2 \simeq 100atm$ بالجذر التربيعي للطرفين

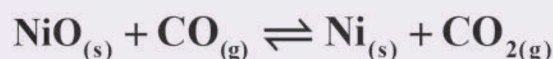
$$P_{CO} = 10\ atm$$



س (2-20): للتفاعل المتزن: $NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$

بدرجة حرارة 727^oC وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد أن ضغط غاز CO في الفرن يساوي 304 Torr والضغط الكلي 1 atm ما ثابت الاتزان K_C للتفاعل (معلومة: 1 atm = 760 Torr).

ج:



$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

(عند الاتزان)　يهمل　304 Torr　يهمل　$P_{CO_2} = ?$

$$p_{CO} = \frac{304}{760} = 0.4atm$$

$$P_T = p_{CO} + p_{CO_2}$$

$$1 = 0.4 + P_{CO_2}$$

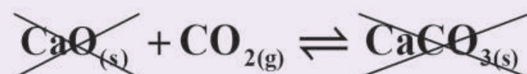
$$P_{CO_2} = 0.6atm$$

$$K_P = \frac{p_{CO_2}}{p_{CO}}$$

$$K_P = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$$

$K_C = K_P = 1.5$　لأن $\Delta ng = 0$

س (25-2): للتفاعل المتزن غير المتجانس:



$$CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(S)}$$

بدرجة حرارة $800^{o}C$ وجد أن ضغط CO_2 عند الاتزان يساوي 0.235 atm. احسب K_C للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها.

ج:

$$\cancel{CaO_{(s)}} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons \cancel{CaCO_{3(s)}}$$

	يهمل	0.235 atm	يهمل
(عند الاتزان)			

$$T_K = 800 + 273 = 1073K$$

$$\Delta ng = 0 - 1 = -1$$

$$K_P = \frac{1}{p_{CO_2}}$$

$$K_P = \frac{1}{0.235} = \frac{1000}{235} = 4.26$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_c = 4.26(0.082 \times 1073)^{-(-1)}$$

$$\boxed{K_c = 374.8}$$

ملاحظات

س (2-11): وزاري: عند تسخين غاز NOCl النقي إلى درجة $240^{\circ}C$ في إناء مغلق حجمه لتريتحلل

حسب المعادلة: 

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64 atm احسب:

1. الضغوط الجزئية لكل من غازي Cl_2 و NO عند الاتزان.

2. ثابت الاتزان K_C للتفاعل عن نفس درجة الحرارة.

ج: 1.



$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

	$2NOCl_{(g)}$	$2NO_{(g)}$	$Cl_{2(g)}$
P الابتدائي	y	0	0
P التغير في	-2x	+2x	+x
P عند الاتزان	y – 2x = 0.64	2x = 0.24 atm	x = 0.12 atm

$$PT = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl_2}$$

$$1 = 0.64 + 2x + x$$

$$1 - 0.64 = 3x$$

$$0.36 = 3x \Rightarrow x = \frac{0.36}{3} \Rightarrow \boxed{x = 0.12\ atm}$$ تعوض عند الاتزان

ج: 2.

$$K_P = \frac{P_{NO}^2 \times P_{Cl_2}}{P_{NOCl}^2} = \frac{(0.24)^2(0.12)}{(0.64)^2} = \left(\frac{0.24}{0.64}\right)^2 \times 0.12$$

$$K_P = \left(\frac{3}{8}\right)^2 \times 0.12 = \frac{9}{64} \times 0.12 = 0.14 \times 0.12$$

$$\boxed{K_P = 0.0168} \simeq \boxed{0.017}$$

$$T_{(K)} = 240 + 273 = 513K$$

$$\Delta ng = 3 - 2 = 1$$

$$K_C = K_P (RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_C = 0.017(0.082 \times 513)^{-1}$$

$$K_C = \frac{0.017}{(0.082 \times 513)} = \frac{17 \times 10^{-3}}{42}$$

$$\boxed{K_C = 0.4 \times 10^{-3} = 0.0004}$$



س (2-12): التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن الضغوط الجزئية $P_{NO_2} = 1.56atm$ و $P_{N_2O_4} = 0.377atm$ وعند درجة حرارة 100^oC احسب:

1. K_C و K_P للتفاعل. **2.** ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد إضافة العامل المساعد.



ج: 1. $K_P = 6.46$, $K_C = 0.21$ **2.** لا تؤثر إضافة العامل على الضغوط الجزئية للغازات.

سؤال خارجي: وزاري: إذا كانت درجة تفكك مول واحد N_2O_4 إلى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27^oC وضغط 1 atm وفي إناء حجمه لتر واحد. احسب قيمة K_P و K_C للتفاعل.
(معلومة: درجة التفكك تساوي الجزء إلى الكل مضروباً في 100).

ج: $K_P = 4.92$, $K_C = 0.2$



س (2-19): للتفاعل المتزن الآتي:

$$3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$$

وجد أن ثابت الاتزان K_C يساوي 147.6 وبدلالة K_P يساوي 6 بدرجة حرارة 27^oC
جد قيمة a في المعادلة.

ج:

$T_{(K)} = 27 + 273 = 300\ K$

$\Delta ng = a - 3$

$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$

$147.6 = 6\ (0.082 \times 300)^{-a+3}$

$24.6 = (24.6)^{-a+3}$ إذا تساوت الأساسات تساوت الأسس

$1 = -a + 3$

$a = 2$

أهمية ثابت الاتزان

سؤال خارجي: ما أهمية معرفة قيمة ثابت الاتزان؟

ج: 1. تحديد اتجاه التفاعل.

2. بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

سؤال خارجي: كيف يمكنك تحديد اتجاه التفاعل من معرفة قيمة ثابت الاتزان؟

سؤال خارجي: وزاري: ما علاقة ثابت الاتزان K_C باتجاه التفاعل؟

ج: 1. إذا كانت قيمة ثابت الاتزان (K_C) أكبر بكثير من الواحد ($K >>> 1$) ستكون النواتج أكبر بكثير من المتفاعلات عند حالة الاتزان وعندها يميل التفاعل نحو اليمين (تكوين النواتج أو التفاعل الأمامي).

2. إذا كانت قيمة ثابت الاتزان (K_C) أصغر بكثير من الواحد (كسر عشري) ($K <<< 1$) فمعنى ذلك أن تراكيز المواد الناتجة صغير جداً عند حالة الاتزان أي أن التفاعل يسير في اتجاه واحد تقريباً (الاتجاه الخلفي) نحو المتفاعلات.

3. إذا كانت قيمة ثابت الاتزان (K_C) تساوي أو مقاربة للواحد ($K_{eq} \simeq 1$) فهذا يعني إن سرعة التفاعل الأمامي والخلفي متساوية أي أن التفاعل متزن.

مثال (2-10): من قيم ثوابت الاتزان K_C لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها؟



1. $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ $\quad K_C = 1\times10^{-95}$



2. $2SO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)}$ $\quad K_C = 8\times10^{25}$



3. $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\quad K_C = 1.1$

ج: 1. **في التفاعل الأول:** قيمة ثابت الاتزان صغيرة جداً لذا فإن التفاعل يسير نحو المتفاعلات. إن مثل هذا التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العملية.

2. **التفاعل الثاني:** قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً لذا فإن التفاعل يسير نحو الأمام (نحو النواتج). (التناسب بينهما طردي).

3. **التفاعل الثالث:** أن قيمة ثابت الاتزان مقاربة للواحد الصحيح. لذا فالتفاعل متزن جداً.

تمرين (2-9): من قيم ثوابت الاتزان K_C لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها؟



1. $2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ $\quad K_C = 1.1\times10^{-81}$



2. $2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{2(g)}$ $\quad K_C = 0.99$



3. $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ $\quad K_C = 4.4\times10^{32}$

ج:

العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة

ملاحظات مهمة

قانون هيس:

لحساب ثابت الاتزان لمعادلة ناتجة من حاصل جمع عدة معادلات فانه يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان لتلك المعادلات.

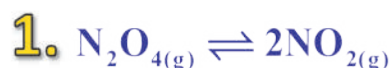


اذا ضربت معادلة بمعامل معين فان الثابت يرفع لاس يمثل ذلك المعامل.



اذا قلبت معادلة يقلب مقدراً ثابت الاتزان.

مثال (2-11): إذا كان ثابت الاتزان عند $100^{\circ}C$ للتفاعل التالي يساوي $K_C = 0.36$:

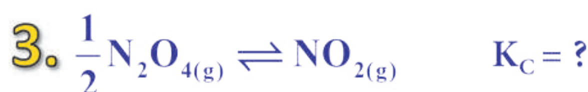


1. $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

فما ثابت الاتزان للتفاعلات التالية عند درجة الحرارة نفسها:



2. $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ $\quad K_C = ?$



3. $\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons NO_{2(g)}$ $\quad K_C = ?$

ج: المعادلة رقم (2) هي عكس المعادلة الأولى وبالتالي فإن ثابت الاتزان لها يكون مقلوب ثابت الاتزان الأول حسب القاعدة.

$$K_{C_2} = \frac{1}{K_{C_1}} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

المعادلة رقم (3) هي نفس المعادلة الأولى ولكنه مضروبة بالعدد $\frac{1}{2}$ لذا فإن ثابت الاتزان هو نفسه ولكن مرفوع إلى الأس $\frac{1}{2}$ حسب القاعدة.

$$K_{C_3} = \sqrt{K_{C_1}} = \sqrt{0.36} = K_{C_3} = 0.6$$

س (2-14): يتزن التفاعل الآتي:

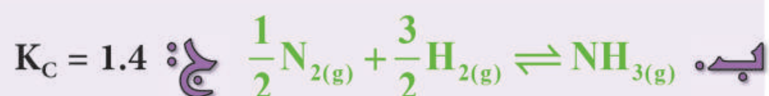


$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

عند درجة حرارة $277^{\circ}C$ وقيمة ثابت الاتزان K_C تساوي 1.96 . احسب قيم ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية وبنفس درجة الحرارة.



أ. $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ $\quad$ ج: $K_C = 0.51$



ب. $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$ $\quad$ ج: $K_C = 1.4$

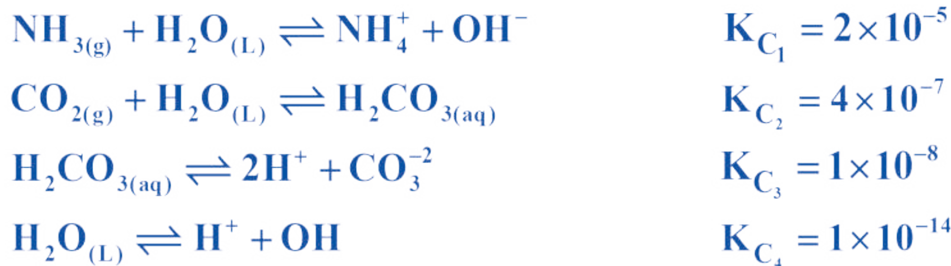


جـ. $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$ $\quad$ ج: $K_C = 0.7$

أ.خالد الدليمي 07813351668

سؤال خارجي: احسب K_C للتفاعل المتزن: $CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} + 2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 2NH_4^+ + CO_3^{-2}$

من ثوابت الاتزان للتفاعلات المتزنة الآتية:



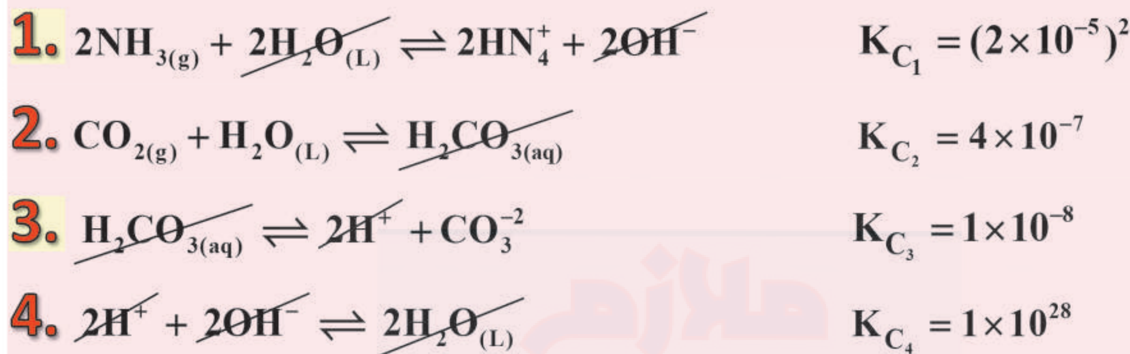
$NH_{3(g)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \qquad K_{C_1} = 2\times10^{-5}$

$CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} \qquad K_{C_2} = 4\times10^{-7}$

$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{-2} \qquad K_{C_3} = 1\times10^{-8}$

$H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H^+ + OH \qquad K_{C_4} = 1\times10^{-14}$

ج:



1. $2NH_{3(g)} + 2H_2O_{(L)} \rightleftharpoons 2HN_4^+ + 2OH^- \qquad K_{C_1} = (2\times10^{-5})^2$
2. $CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} \qquad K_{C_2} = 4\times10^{-7}$
3. $H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{-2} \qquad K_{C_3} = 1\times10^{-8}$
4. $2H^+ + 2OH^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(L)} \qquad K_{C_4} = 1\times10^{28}$

بالضرب ———————— بالجمع



$CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} + 2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 2HN_4^+ + CO_3^{-2}$

$K_C = K_{C_1} \times K_{C_2} \times K_{C_3} \times K_{C_4} = 16\times10^3$

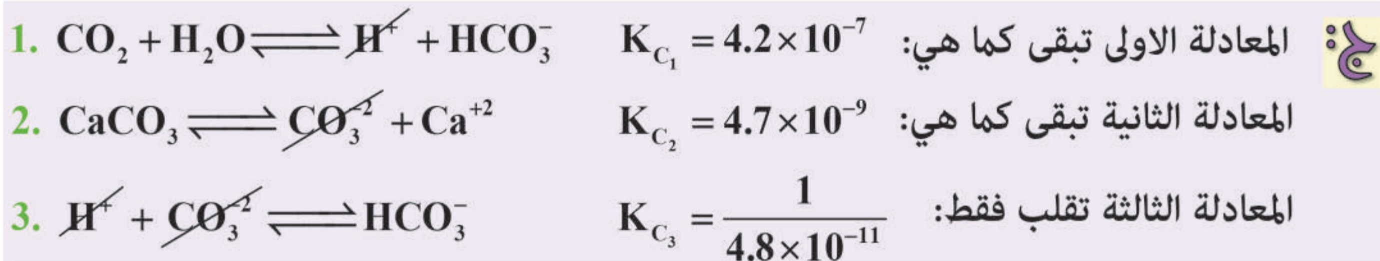
س (2-15): ثابت الاتزان K_C يساوي 4.2×10^{-7} للتفاعل المتزن: $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

و K_C يساوي 4.7×10^{-9} للتفاعل: $CaCO_{2(S)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$

و K_C يساوي 4.8×10^{-11} للتفاعل: $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{-2}$

فما ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن: $CO_2 + CaCO_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

ج:

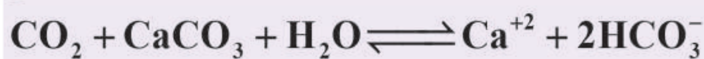


المعادلة الاولى تبقى كما هي: 1. $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \qquad K_{C_1} = 4.2\times10^{-7}$

المعادلة الثانية تبقى كما هي: 2. $CaCO_3 \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2} \qquad K_{C_2} = 4.7\times10^{-9}$

المعادلة الثالثة تقلب فقط: 3. $H^+ + CO_3^{-2} \rightleftharpoons HCO_3^- \qquad K_{C_3} = \frac{1}{4.8\times10^{-11}}$

بالضرب ———————— بالجمع



$CO_2 + CaCO_3 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

$K_C = K_{C_1} \times K_{C_2} \times K_{C_3}$

$K_C = \frac{4.2\times10^{-7} \times 4.7\times10^{-9}}{4.8\times10^{-11}} \Rightarrow K_C = 4.2\times10^{-5}$

تمرين (2-13): وجد أن ثابت الاتزان للضغوط الجزئية بدرجة حرارة 2000K لكل من التفاعلات الآتية هي:



$$1.\ \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \qquad K_P = 150$$



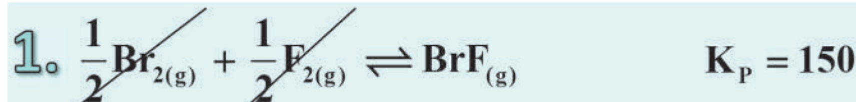
$$2.\ \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)} \qquad K_P = 2.5$$

احسب ثابت الاتزان K_C للتفاعل:

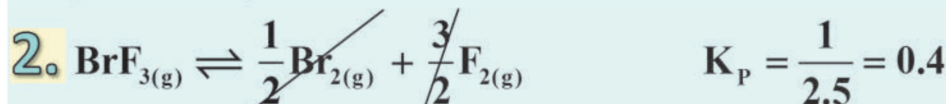


$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)}$$

ج:

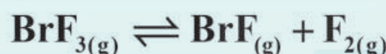


$$1.\ \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \qquad K_P = 150$$



$$2.\ BrF_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \qquad K_P = \frac{1}{2.5} = 0.4$$

بالضرب ———————— بالجمع



$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)}$$

$$K_P = K_{P_1} \times K_{P_2} = 0.4 \times 150 = 60$$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_C = 60(0.082 \times 2000)^{-1} = \frac{60}{164} = 0.366$$

س (2-29): وجد أن ثابت الاتزان للضغوط الجزئية K_P بدرجة حرارة 1000K للتفاعلات:



$$C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} \qquad K_P = 2.9 \times 10^{10}$$



$$C_{(S)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_P = 5 \times 10^{20}$$

احسب ثابت الاتزان بدلالة K_C للتفاعل:



$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$

ج: $K_C = 2.4 \times 10^{22}$

أ.خالد الدليمي 07813351668

تمرين (2-12): وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين HBr في وعاء مغلق حجمه 1 لتر وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الغازي إلى حالة الاتزان فوجد أن المتكون من غاز البروم 0.2 mol حسب التفاعل الآتي:



فما عدد مولات HBr في خليط الاتزان لأناء آخر حجمه (1.0 L) الناتج من خليط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2 mol لكل منهما؟

ج: في الإناء الأول: ∵ V = 1 لتر ∴ n = [ ]

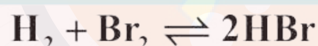


	$2HBr$	H_2	Br_2
التراكيز الابتدائية	1M	0	0
التغير في التراكيز	-2x	+x	+x
التراكيز عند الاتزان	1 – 2x = 1 – 0.4 = 0.6	x = 0.2	x = 0.2

$$K_C = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{(0.2)^2}{(0.6)^2} = \frac{1}{9}$$

في الإناء الآخر: ∵ V = 1 لتر ∴ n = [ ]

عندما تقلب معادلة $K_C = 9$ يقلب مقدار الثابت لها.



	H_2	Br_2	$2HBr$
التراكيز الابتدائية	2M	2M	0
التغير في التراكيز	-x	-x	+2x
التراكيز عند الاتزان	2 –x =	2 – x=	2x=

$$K_C = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$9 = \frac{(2X)^2}{(2-X)^2} \Rightarrow \frac{3}{1} = \frac{2x}{2-x}$$

$$2x = 6 - 3x$$

$$5x = 6 \Rightarrow \boxed{x = \frac{6}{5} = 1.2M}$$ تعوض عند الاتزان

$$[HBr] = 2X \Rightarrow 2(1.2) = 2.4M$$

ملاحظات حاصل التفاعل Q

حاصل التفاعل Q:

وهو قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصوله إلى حالة الاتزان ويعبر عن حاصل التفاعل بنفس العلاقة المستعملة للتعبير عن ثابت الاتزان ولكن التراكيز المستخدمة في حاصل التفاعل ليست بالضرورة هي نفسها عند حالة الاتزان.

- قانون Q هو نفس قانون K_C ولكن نعوض فيه التراكيز الابتدائية.
- كيف يتعرف الطالب على مسائل Q؟

عندما يتكلم السؤال عن وضع المواد المتفاعلة والناتجة في الإناء فهذا يعني ان التفاعل حاصل في بدايته (Q).

- كيفية حل مسائل Q:

1. يتم ايجاد Q بالقانون.
2. نقارن Q مع K_C الذي يعطى في السؤال بشكل مباشر أو غير مباشر لتحديد اتجاه التفاعل.

نقارن Q مع K_C

- $Q < K_C$ أمامي
- $Q = K_C$ متزن
- $Q > K_C$ خلفي

3. يتم اكمال السؤال حسب المطلوب.



ملاحظات

أ.خالد الدليمي 07813351668

مثال (2-12): ثابت الاتزان للتفاعل: $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

عند $500C^\circ$ هو 0.06 ادرس الحالات التالية وقرر اتجاه سير التفاعل (علماً بأن جميع التراكيز معبراً عنها بوحدة mole/L)

	$[H_2]$	$[N_2]$	$[NH_3]$
1.	0.002	0.00001	0.001
2.	0.354	0.000015	0.0002
3.	0.01	5.00	0.0001

ج: نجد قيمة Q لكل حالة ونقارنها مع قيمة K_C للتنبؤ باتجاه سير التفاعل

1. $$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.001)^2}{(0.002)^3(0.00001)} = 12.5\times10^5$$

وحيث ان قيمة Q أكبر من قيمة K_C فإن التفاعل يسير بالاتجاه الخلفي، أي: ان النظام ينزاح نحو اليسار [باتجاه المتفاعلات] الى ان يصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة.

2. $$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.0002)^2}{(0.354)^3(0.000015)} = 0.06$$

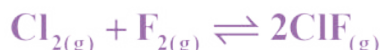
قيمة Q تساوي قيمة K_C اذن التفاعل في حالة اتزان والتراكيز هي تراكيز اتزان ثابتة.

3. $$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.0001)^2}{(0.01)^3(5.00)} = 0.002$$

قيمة Q أصغر من قيمة K_C اذن التفاعل غير متزن ويسير بالاتجاه الامامي، أي: ان النظام ينزاح نحو اليمين [باتجاه النواتج] الى ان يصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة.



س (2-17): ثابت الاتزان K_C يساوي 19.9 بدرجة حرارة 2500K للتفاعل المتزن:



$$Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF_{(g)}$$

ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط $[Cl_2] = 0.2M$ و $[F_2] = 1M$ و $[ClF] = 1.2M$.

ج:

$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl_2][F_2]} = \frac{(1.2)^2}{(0.2)^1} = 1.7$$

$K_C = 19.9 > Q = 7.2$ التفاعل غير متزن أي انه يتجه نحو النواتج

س (2-30): وزاري: في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء وتكون غاز CO_2 و H_2 بدرجة حرارة 700K . ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها إلى حالة الاتزان إذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علماً إن ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل يساوي 5.28 . اذا علمت أن $\sqrt{5.29} = 2.3$.

ج: ∵ V = 1 لتر ∴ n = [ ]



$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$

[ابتدائي]	1M	1M	1M	1M
[تغيير]	-X	-X	+X	+X
[عند الاتزان]	1 – X = 1 – 0.4 = 0.6 M	1 – X = 1 – 0.4 = 0.6 M	1 + X = 1 + 0.4 = 1.4 M	1 + X = 1 + 0.4 = 1.4 M

$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$Q = 1$$

$$K_C = 5.29 > Q = 1$$

∴ التفاعل يتجه نحو النواتج

$$K_C = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \rightarrow 5.29 = \frac{(1+X)^2}{(1-X)^2}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$X + 2.3X = 3.2 - 1$$

$$\boxed{X = \frac{1.3}{3.3} = 0.39 \cong 0.4}$$ تعوض عند الاتزان

تمرين (2-14): وزاري: للتفاعل الغازي: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ ثابت الاتزان له $K_C = 9.0$.

1. هل أن مزيج مكون من 2.0 mole من كل من الغازات N_2 و H_2 و NH_3 في وعاء مغلق حجمه (0.1 L) يمثل حالة اتزان ولماذا؟
2. لو افترضنا أن المزيج غير متزن ما حجم الإناء اللازم لجعله متزناً؟

ج: 1. ∵ V = 1 لتر ∴ [ ] = n

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow Q = \frac{[2]^2}{[2]^3[2]} = 0.25$$

$K_C = 9.0 > Q = 0.25$ التفاعل غير متزن وإنما يسير نحو الأمام

2. $[\ ] = \frac{2}{v}$ تعوض في قانون K_C $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow K_C = \frac{[\frac{2}{v}]^2}{[\frac{2}{v}]^3[\frac{2}{v}]} \Rightarrow 9 = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^4} \Rightarrow 9 = \frac{1}{\left(\frac{2}{V}\right)^2}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$3 = \frac{1}{\frac{2}{V}} \Rightarrow 3 = \frac{V}{2} \Rightarrow V = 6L$$

الحجم اللازم لجعل التفاعل متزن



س (2-16): وزاري: في التفاعل الافتراضي الغازي: $2A + B \rightleftharpoons 3C$

وفي إناء حجمه لتر واحد وضع 3 mol من B مع مولات مختلفة من A , C وعند وصول التفاعل حالة الاتزان وجد أن إناء التفاعل يحتوي على 6 mol من C وكذلك 6 mol من A ما عدد مولات كل من A , C قبل بدء التفاعل علماً بأن K_C للتفاعل = 1.5 .

ج: ∵ V = 1 لتر ∴ [ ] = n

$$2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 3C_{(g)}$$

[الابتدائية]	Y	3M	Z
[التغير]	+2x	+x	-3x
[عند الاتزان]	Y + 2x = 6	3 + x = 4	Z – 3x = 6

$$K_C = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]} \Rightarrow 1.5 = \frac{[6]^3}{[6]^2[B]}$$

$[B] = 4M$

$3 + x = 4 \Rightarrow x = 1M$

تعوض عند الاتزان لإيجاد قيم Y و Z

Y = 4M = [A] الابتدائي = nA

Z = 9M = [C] الابتدائي = nC

تمرين (2-15): وزاري: في إناء حجمه 2L سخن 1.4 mol من مزيج من الغازات HBr و H_2 و Br_2 إلى درجة حرارة معينة حتى وصل التفاعل حالة الاتزان: $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$ فإذا علمت أن ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr من غازي H_2 و Br_2 بدلالة الضغوط الجزئية $K_P = 0.25$ فما عدد مولات المواد والمتبقية عند الاتزان؟

ج: أولاً يتم ايجاد التراكيز الابتدائية للمتفاعلات والنواتج:

$$[H_2]=[Br_2]=[HBr]=\frac{n}{v}=\frac{1.4}{2}=0.7M$$

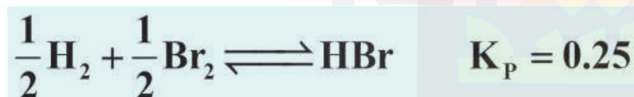


$$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$$

	H_2	Br_2	$2HBr$
[ابتدائي]	0.7	0.7	0.7
[تغير]	+x	+x	-2x
[عند الاتزان]	0.7 + x = 0.7 + 0.23 ⇒ 0.93M	0.7 + x = 0.7 + 0.23 ⇒ 0.93M	0.7 - 2x = 0.7 - 2(0.23) ⇒ 0.7 - 0.46 ⇒ 0.24M

$$Q=\frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$Q=\frac{(0.7)^2}{(0.7)^2}=1$$



$$\frac{1}{2}H_2+\frac{1}{2}Br_2 \rightleftharpoons HBr \qquad K_P=0.25$$

$$\boxed{\Delta ng=0} \Rightarrow K_C=K_P=0.25$$

نضرب المعادلة بـ 2 لمعرفة K_C لمولين ويتم تربيع K_C

$$H_2+Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$$

$$K_C=(0.25)^2=0.0625 \quad \Rightarrow \quad K_C = 0.0625 < Q = 1$$

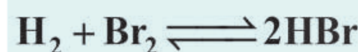
∴ التفاعل يسير نحو المتفاعلات، النواتج تقل والمتفاعلات تزداد في مرحلة التغير في الجدول.

$$K_C=\frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 0.0625=\frac{(0.7-2x)^2}{(0.7+x)^2}$$ بالجذر التربيعي للطرفين

$$\frac{0.25}{1}=\frac{0.7-2x}{0.7+x}$$

$$0.7-2x=0.175+0.25x$$

$$0.7-0.175=2x+0.25$$



$$0.525=2.25x \Rightarrow \boxed{x=\frac{0.525}{2.25}=0.23M}$$ تعوض عند الاتزان

$$n_{HBr}=[HBr]\times V = 0.24\times 2 \Rightarrow 0.48\,mol$$

$$n_{H_2}=n_{Br_2}=[\ ]\times V = 0.93\times 2 = 1.86\,mol$$

س (2-22): للتفاعل الغازي الباحث للحرارة:



$$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

وفي إناء تفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من H_2 و I_2 وضعفها من HI ، فوجد أن حرارة الإناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان ووجد أن الإناء يحتوي على 1 mole من HI و 2 mole من I_2 و 2 mole من H_2 احسب:

1. تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدء التفاعل.

2. K_C للتفاعل.

ج:

∵ V = 1 لتر ∴ [ ] = n



$$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

∵ التفاعل باعث وان حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان فهذا دليل على ان التفاعل يتجه نحو النواتج.

	$2HI$	H_2	I_2
[الابتدائية]	2y	y	y
[التغير]	-2x	+x	+x
[عند الاتزان]	2y − 2x = 1	y + x = 2	y + x = 2

$2y - 2x = 1$

$y + x = 2$

$y + x = 2$

بالجمع

$$y = \frac{5}{4} = 1.25M = [H_2] = [I_2]$$

$$2y = [HI] = 2.5M$$

2.

$$K_C = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} = \frac{(2)(2)}{(1)^2} = 4$$

العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وقيمة حاصل التفاعل Q

التفاعل الآتي: $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT\ln\frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} ......(1)$$

حيث أن (R) يمثل ثابت الغازات مقاساً بوحدات الطاقة (R = 8.314 J/K.mol) و (T) درجة الحرارة مقاسة بالكلفن (K) .

ومن تعريف حاصل قسمة تراكيز النواتج على تراكيز المتفاعلات والذي يساوي حاصل التفاعل Q تكون العلاقة كالآتي:

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT\ln Q ......(2)$$ حفظ

وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان تكون $\Delta G = 0$ و Q يساوي K_{eq} (equilibrium تعني اتزان) فتصبح العلاقة رقم (2) كالاتي:

$$\Delta G^{\circ} = -RT\ln K_{eq} ......(3)$$ حفظ

في العلاقة رقم (3) نعوض عن K_{eq} بـ K_C اذا كانت التراكيز مقاسة بالمولارية.
و K_P اذا كانت التغيير بدلالة الضغوط الجزئية.

انتبه

1. تعد المعادلة رقم (3) أعلاه من أهم المعادلات في علم الثرموداينميك لأنها تمكننا من معرفة التغيير في الطاقة الحرة القياسية ΔG^{o} معرفة قيمة ثابت الاتزان K_{eq} وبالعكس.
2. يجب ملاحظة وحدات (RJ/K.mol) وتوحيدها مع وحدات (ΔG^{o}) KJ/mol .
3. $\ln 1 = 0$, $\ln 10 = 2.3$, $\ln 100 = 4.6$, $\ln 0.1 = -2.3$, $\ln 0.01 = -4.6$

الجدول 2 – 2 : العلاقة بين ΔG^{o} و K_{eq} حسب المعادلة: $\Delta G^{o} = -RT\ln K_{eq}$

K_{eq}	$\ln K_{eq}$	ΔG^{o}	الملاحظات
> 1	موجبة	سالبة	يجري التفاعل تلقائيا من التفاعلات إلى النواتج.
$= 1$	0	0	التفاعل في حالة التوازن
< 1	سالبة	موجبة	لا يجري التفاعل تلقائيا وإنما يحدث التفاعل الانعكاسي أي تتحول النواتج إلى متفاعلات تلقائيا.

مثال (2-13): إذا علمت أن ΔG^o للتفاعل التالي تساوي $\Delta G^o = -104\ KJ/mol$ عند درجة حرارة 25^oC وضغط $1\ atm$:



$$CCl_{4(L)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(L)}$$

احسب ثابت الاتزان K_{eq} عند الظروف نفسها؟ علماً أن: $\ln 1.7 \times 10^{18} = 42$.

ج: نكتب العنوان أولاً ثم نقوم بالتحويلات اللازمة: ثم نطبق القانون:

$\Delta G^o = -RT \ln K_{eq}$

$\Delta G^o = -104\ (KJ/mol) \times 1000\ J/KJ = -104000\ J/mol$ $\qquad T_{(K)} = 25 + 273 = 298\ K$

$-104000\ (J/mol) = -8.314\ (J/K.mol) \times 298\ K \ln K_{eq}$

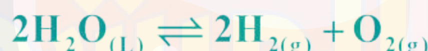
$-104000 = -2477.572 \ln K_{eq}$

$\ln K_{eq} = 42$

$\not{\ln} K_{eq} = \not{\ln}\ 1.7 \times 10^{18}$

$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$ أن قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً وهذا يعني أن التفاعل شبه تام باتجاه المواد الناتجة.

تمرين (2-16): احسب ثابت الاتزان K_p للتفاعل التالي عند درجة حرارة 25^oC وضغط $1\ atm$:



$$2H_2O_{(L)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

إذا علمت أن الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء تساوي $\Delta G^\circ_{f(H_2O)} = -237 KJ/mol$. ثم بين هل يحدث هذا التفاعل تلقائياً في درجة حرارة 25^oC ؟ علماً أن: $\ln 8 \times 10^{-83} = -191$.

ج:



$$2H_2O_{(L)} \quad \rightleftharpoons \quad 2H_{2(g)} \quad + \quad O_{2(g)}$$

$\Delta G_f = 2(-237)$ $\qquad$ $\Delta G_f =$ صفر $\qquad$ $\Delta G_f =$ صفر

$\Delta Gr^o = \sum n\Delta G^o$ نواتج $- \sum n\Delta G^o$ متفاعلات

$\Delta Gr^o = [(2 \times 0) + 0] - [2(-237)]$

$\Delta Gr^o = 474\ KJ/mol$

$\Delta Gr^o = 474 \times 1000$

$\Delta Gr^o = 474000\ J/mol$

$T_{(K)} = 25 + 273 = 298\ K$

$\Delta Gr = -RT \ln K_{eq}$

$474000\ (J/mol) = -8.314\ (J/K.mol) \times 298\ K \ln K_{eq}$

$\ln K_{eq} = -191$

$\not{\ln} K_{eq} = \not{\ln}\ 8 \times 10^{-83}$

$K_{eq} = 8 \times 10^{-83}$

والتفاعل لا تلقائي لأن قيمة $\Delta G = +$

س (2-33): وضح الفرق بين ΔG و ΔG^o واكتب العلاقة بينهما ، متى تكون قيمة ΔG تساوي ΔG^o اثبت ذلك حسابياً.

ج:

$\Delta G = \Delta G^o + RT \ln Q$

$\Delta G = \Delta G^o + RT \ln (0)$

عندما يكون $Q = 1$ فأن $\ln 1 = 0$

$\Delta G = \Delta G^o$



س (2-34): إذا علمت إن ثابت التأين الذاتي للماء Kw عند درجة حرارة 25^oC وضغط $1\ atm$ تساوي 1×10^{-14} . احسب قيمة ΔG^o للتأين. $H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(eq)}$

ج:

$\ln 10^{-14} = -14 \times \ln 10$

$= -14 \times 2.303$

$\Delta G^o = -RT \ln K_W$

$= -8.314 \times \ln 10^{-14}$

$= -2477.57 \times -14 \times 2.303$

$= 79881.8\ J/mol$



قاعدة لو شاتليه

تنص على:

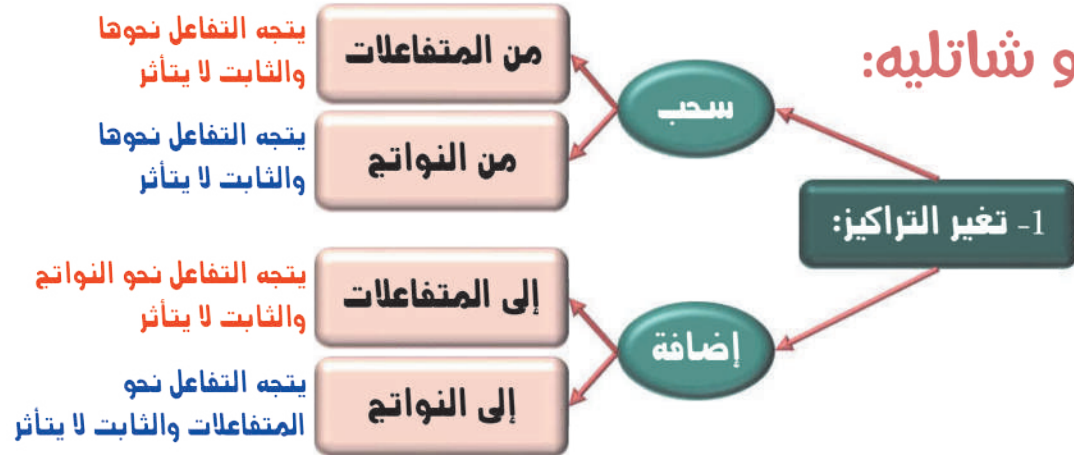
(إذا أثر مؤثر خارجي مثل تغير التراكيز أو الحجم أو الضغوط أو درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة اتزان فإن هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل إلى حالة اتزان جديدة)

ويشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الأنظمة الميكانيكية والذي ينص على:

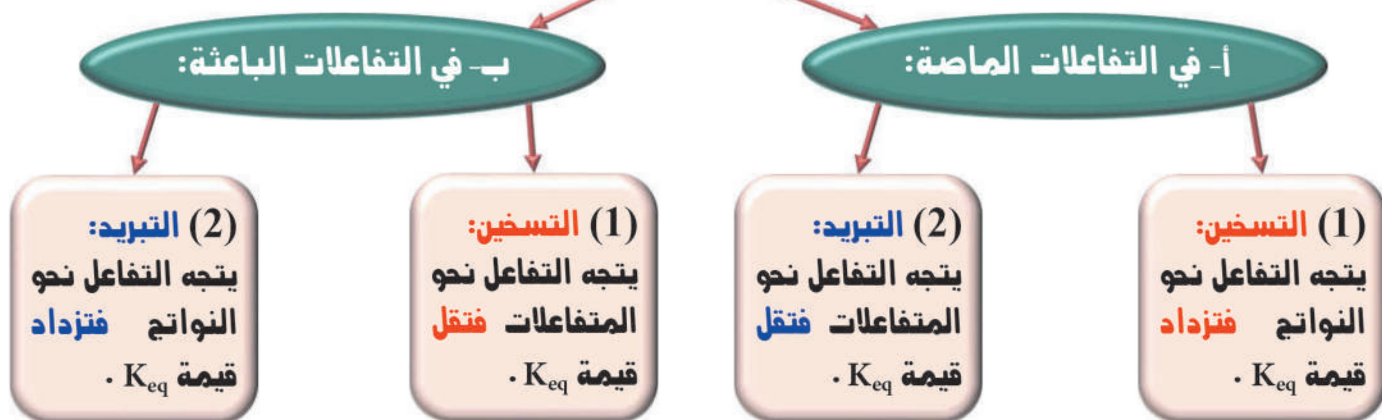
(أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له بالقيمة ومعاكس له في الاتجاه)

ملخص قاعدة لو شاتليه:

تذكير:
نتعامل مع المواد الغازية فقط.







رابعا: تأثير إضافة العامل المساعد.

الخلاصة: لا تؤثر إضافة العامل المساعد على موضع الاتزان وإنما يسارع للوصول إلى هذه الحالة.

مثال (2-14): التفاعل المتزن الآتي:



$$2Hg_{(L)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

ΔH للتفاعل تساوي (181 KJ -) عند درجة حرارة 298 K وقيمة $(K_p = 3.2 \times 10^{20})$

بين هل قيمة K_p عند (500 K) أكبر أم أقل من قيمتها عند 298 K للتفاعل نفسه؟

ج: أن قيمة $\Delta H = -181$ (قيمة سالبة) أي أن التفاعل باعث للحرارة وأن درجة الحرارة ازدادت من 298K إلى 500K لذا فإن التفاعل سوف يتجه نحو اليسار (المتفاعلات) للتخلص من الفائض في درجة الحرارة وبالتالي تقل تراكيز النواتج وتزداد تراكيز المتفاعلات فتقل قيمة K_p لهذا التفاعل عند درجة حرارة (500K) .

تمرين (2-17): التفاعل المتزن الآتي:



$$2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$$

$\Delta H = 858$ KJ عند درجة حرارة (1000 K) و $(K_p = 7.4 \times 10^{-16})$ بين هل قيمة K_p تقل أم تزداد عند درجة حرارة (1500 K) للتفاعل نفسه؟

ج: ΔH قيمة موجبة أي التفاعل ماص للحرارة وبما أن درجة الحرارة زادت من 1000K إلى 1500K فأن التفاعل سوف يتجه نحو النواتج وبذلك تزداد ضغوط النواتج فيزداد K_p .

مثال (2-15): ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الآتي:



$$N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2NF_{2(g)} \qquad \Delta H = 38.5KJ / mol$$

المؤثر الخارجي	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1. تسخين خليط الاتزان في إناء مغلق؟	الاتجاه الأمامي	يزداد
2. سحب N_2F_4 من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم.	الاتجاه الخلفي	لا يتأثر
3. خفض الضغط على خليط الاتزان بدرجة حرارة ثابتة؟	الاتجاه الأمامي	لا يتأثر
4. إضافة العامل المساعد إلى خليط الاتزان؟	لا يتأثر	لا يتأثر

تمرين (2-18): التفاعل المتزن الآتي:



$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)} \qquad \Delta H = 428KJ/mol$$

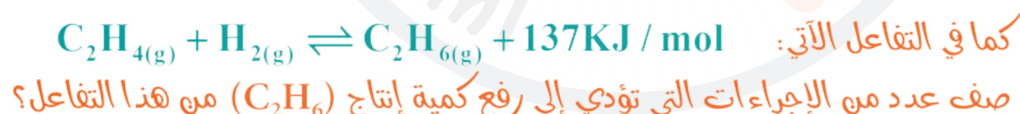
ما تأثير كل من العوامل الآتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان K_p ؟

1. زيادة الضغط على التفاعل وذلك بإنقاص حجم الإناء؟
2. زيادة الضغط بإضافة مزيد من O_2 إلى النظام؟
3. خفض درجة الحرارة؟
4. إضافة عامل مساعد؟

ج:

المؤثر الخارجي	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
.1		
.2		
.3		
.4		

تمرين (2-19): يصل مزيج الغازات C_2H_4 ، H_2 ، C_2H_6 الموضوعة في وعاء مغلق عند إلى حالة الاتزان كما في التفاعل الآتي:



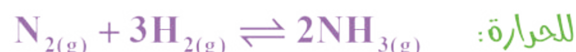
$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/mol$$

صف عدد من الإجراءات التي تؤدي إلى رفع كمية إنتاج (C_2H_6) من هذا التفاعل؟

ج: للحصول على كميات اكبر من C_2H_6 الناتج اتباع الخطوات التالية:

1. إضافة تراكيز من C_2H_4 و H_2 إلى المتفاعلات تؤدي إلى زيادة إنتاج C_2H_6 .
2. سحب تراكيز C_2H_6 المتكون بشكل مستمر تؤدي إلى زيادة الإنتاج.
3. زيادة الضغط وذلك بتقليل حجم الإناء تؤدي إلى زيادة الإنتاج.
4. تبريد إناء التفاعل تؤدي إلى زيادة الإنتاج.
5. إضافة عامل مساعد إلى حالة الاتزان. (هذه الحالة يجب أن تكون قبل أن يصل التفاعل إلى حالة الاتزان) .

س (2-23): وزاري: صنف أربع إجراءات تؤدي إلى رفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة:



$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

ج: 1.

2.

3.

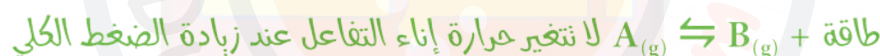
4.

س (2-3): علل ما يأتي:

1. زيادة حجم إناء التفاعل لتفاعل غازي Δn_g (Reactant) $< \Delta n_g$ (products) يؤدي إلى خفض المنتوج؟

ج: لأن عدد مولات المتفاعلات أكبر من عدد مولات النواتج لذا فإن زيادة الحجم تجعل التفاعل يتجه نحو المولات الغازية الأكبر (نحو المتفاعلات) وهذا يعني نقصان تراكيز النواتج أي خفض.

2. في التفاعل الافتراضي المتزن:



طاقة + $B_{(g)} \leftrightharpoons A_{(g)}$ لا نتغير حرارة إناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي

ج: لأن $\Delta n_g = 0$ أي أن عدد مولات المتفاعلات = عدد مولات النواتج لذا وحسب قاعدة لي شاتليه فلا يؤثر تغير الضغط على التفاعل.

3. ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة $K_C = 0.3$ و $Q = 1$ ؟

ج: بما أن قيمة $Q > K_C$ لذا فإن اتجاه التفاعل نحو الخلف (نحو المتفاعلات) وأن الطاقة الحرارية في هذا النوع يكون في طرف المتفاعلات لذا فإن حرارة التفاعل ترتفع.

4. يعد التفاعل باعثاً للحرارة إذا انخفضت قيمة K_C للتفاعل عند زيادة درجة حرارة التفاعل.

ج: بزيادة درجة الحرارة في التفاعلات الباعثة للحرارة يتجه نحو الخلف (نحو المتفاعلات). وبذلك تقل تراكيز النواتج فتنخفض قيمة ثابت الاتزان.

5. قيمة K_C تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة؟

ج: لأن التفاعل سوف يتجه نحو الأمام (نحو النواتج) وبذلك تزداد تراكيز النواتج مما يؤدي إلى زيادة قيمة K_C لأن التناسب بينهما طردي.

6. زيادة الضغط على خليط متوازن ($\Delta n_g = +1$) فإن الاتزان يزاح باتجاه المتفاعلات.

ج: أن زيادة الضغط على التفاعل تجعله يتجه نحو عدد المولات الغازية الأقل وبما أن قيمة ($\Delta n_g = +1$) فهذا يعني أن المتفاعلات هي الأقل عدد مولات لذا يتجه التفاعل نحوها حسب قاعدة لو شاتليه.

7. في التفاعل المتزن الآتي: $SO_2Cl_{2(g)} + \text{طاقة} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$

ترتفع حرارة التفاعل عند إضافة SO_2 إلى خليط الاتزان.

ج: عند إضافة SO_2 إلى التفاعل المتزن أعلاه فأنه سوف يتجه نحو الخلف الباعث للحرارة وبذلك ترتفع حرارة التفاعل حسب قاعدة لو شاتليه.

س (2-4): عرف ما يأتي:

1. قانون فعل الكتلة:

2. حالة الاتزان الكيميائي:

3. قاعدة لو شاتليه:

انتبه

علل: تظهر التفاعلات التي تصل إلى حالة الاتزان وكأنها قد توقفت لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة في كلا الاتجاهين (الأمامي والخلفي) ؟

ج: لأن حالة الاتزان الكيميائي هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان ستاتيكي (ساكن) .

علل: تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

ج: التفاعلات التامة تتوقف بانتهاء تركيز أحد أو جميع المواد المتفاعلة أما التفاعلات التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات انعكاسية تصل إلى حالة الاتزان عندما تتساوى سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي ويبقى التفاعل مستمراً لكنه يظهر كأنه قد توقف.

علل: قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جداً؟

ج: لأنها تفاعلات تامة تتحول فيها تراكيز المواد المتفاعلة كلها إلى نواتج وبما أن قيمة ثابت الاتزان يتناسب طردياً مع تراكيز النواتج لذا فإن قيمته تكون كبيرة جداً.

س (2-6): التفاعل الغازي المتزن الآتي: $PCl_{3(g)} \rightleftharpoons PCl_{2(g)} + Cl_{2(g)}$ ثابت التفاعل تساوي 92.5 KJ/mole ما تأثير كل من العوامل على حالة الاتزان وثابت الاتزان.

المؤثر الخارجي	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1. خفض درجة الحرارة.	نحو الخلف	يقل
2. إضافة زيادة من Cl_2 إلى خليط الاتزان.	نحو الخلف	لا يتأثر
3. سحب PCl_3 من خليط الاتزان.	نحو الخلف	لا يتأثر
4. زيادة الضغط على خليط الاتزان.	نحو الخلف	لا يتأثر
5. إضافة عامل مساعد.	لا يؤثر	لا يؤثر

س (2-7): التفاعل المتزن الآتي: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ ثابت التفاعل تساوي 198.2 KJ ماذا يحدث لتراكيز SO_2 و O_2 و SO_3 عند الاتزان بعد:

المؤثر الخارجي	SO_2	O_2	SO_3
1. زيادة درجة حرارة التفاعل.	يقل تركيزه	يقل	يزداد
2. تقليل الضغط على خليط الاتزان.	يزداد	يزاد	يقل
3. زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان.	يقل	يقل	يزداد
4. إضافة عامل مساعد.	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر

س (2-4): هل يؤدي دائماً رفع درجة حرارة أي تفاعل في حالة اتزان إلى زيادة في تراكيز النواتج؟ إذا كانت إجابتك بالنفي فما التفاعلات التي تؤدي أو لا تؤدي إلى زيادة النواتج؟ بين ذلك مع ذكر أمثلة.

ج: كلا. لأن ذلك يعتمد على نوع التفاعل (باعث أو ماص) للحرارة.

أ. إذا كان التفاعل ماص للحرارة. $A + \text{طاقة} \rightleftharpoons B$

عند رفع درجة الحرارة فأن التفاعل سوف يتجه نحو الأمام وبذلك يزداد تركيز الناتج فيزداد ثابت الاتزان.

ب. إذا كان التفاعل باعث للحرارة. $A \rightleftharpoons B + \text{طاقة}$

عند رفع درجة الحرارة فأن التفاعل سوف يتجه نحو الخلف وبذلك يقل تركيز الناتج فتقل قيمة ثابت الاتزان.

سؤال خارجي: ما تأثير زيادة الضغط الكلي في التفاعلات المتزنة الآتية:

1. تفاعل فيه عدد المولات للغازات الناتجة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة.
2. تفاعل فيه عدد المولات للغازات الناتجة أصغر من عدد مولات الغازات المتفاعلة.
3. تفاعل فيه عدد المولات للغازات الناتجة مساوٍ لعدد مولات الغازات المتفاعلة.
4. تفاعل جميع المواد المتفاعلة أو الناتجة في حالة صلبة وآخر جميع المواد المتفاعلة أو الناتجة في حالة سائل نقية.

س (2-10): التفاعل الآتي الماص للحرارة يجري في إناء مغلق:



$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$ ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الآتي:

المؤثر الخارجي	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1. تقليل حجم الإناء.		
2. إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان.		
3. سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان.		
4. إضافة مزيد من CO_2 إلى خليط الاتزان.		
5. زيادة درجة الحرارة.		

س (2-13): للتفاعل المتزن: $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$ من خلال الجدول التالي: احسب K_P و K_C للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص أم باعث للحرارة.

	A/ (mole/L)	B/ (mole/L)	درجة الحرارة / °C
1	0.0125	0.843	200
2	0.171	0.764	300
3	0.250	0.724	400

ج:

$$K_C = \frac{[B]^2}{[A]} \rightarrow K_{C_1} = 56.8 \quad , \quad K_{C_2} = 3.4 \quad , \quad K_{C_3} = 2.09$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng} \rightarrow K_{P_1} = 2204.6 \quad , \quad K_{P_2} = 160.27 \quad , \quad K_{P_3} = 115.3$$

نلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة من 200°c - 400°c تقل قيمة K_C وهذا يعني أن التفاعل أعلاه باعث للحرارة (لأن التناسب عكسي) .



س (2-28): في إناء حجمه لتر واحد أجري التفاعل الآتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{K_b}{\overset{K_F}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$

عند $490°C$ كان ثابت سرعة التفاعل الامامي $K_F = 0.6256$ وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.0136 وأن ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة $872K$ يساوي 59 بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بما يلي من إجراءات:

أ. إضافة مزيد من H_2. **ب.** انخفاض درجة الحرارة. **جـ.** إزاحة بعض من I_2

ج: $T_{(K)} = 490 + 273 = 763K$

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

نلاحظ عند زيادة درجة الحرارة من $763K$ الى $872K$ فأن قيمة ثابت الاتزان زادت من 46 الى 59 وهذا يعني ان التناسب طردي بينهما أي ان التفاعل ماص للحرارة.

أ. إضافة مزيد من H_2 : **ج:** يزداد عدد مولات HI.

ب. انخفاض درجة الحرارة: **ج:** ينزاح التفاعل نحو الخلف فتقل عدد مولات HI.

جـ. إزاحة بعض من I_2 : **ج:** ينزاح التفاعل نحو الخلف فتقل عدد مولات HI.



س (2-31): للتفاعل: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل يساوي 6×10^{-3} عند درجة حرارة $290K$ ولكنه يساوي 1.5×10^{-2} عند درجة حرارة $35°C$ هل تفكك رابع أوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص للحرارة؟

ج: $T_{(K)} = 35 + 273 = 308K$

بما أن درجة الحرارة زادت من $298K$ الى $308K$ وكذلك ثابت الاتزان زاد من 6×10^{-3} الى 1.5×10^{-2} هذا يعني ان التناسب طردي بينهما أي ان التفاعل ماص للحرارة.



س (2-32): للتفاعل المتزن الآتي: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$

وجد أن خليط الاتزان بدرجة حرارة $25°C$ يحتوي على $[SO_3] = 0.002$ mole/L و $[SO_2] = 0.08$ mole/L و $[O_2] = 0.01$ mole/L وعند تبريد التفاعل الى $10°C$ وجد ان K_C للتفاعل يساوي 4 بين هل التفاعل باعث ام ماص للحرارة.

ج: عند $25°C$

$$K_C = \frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{[0.08]^2[0.01]}{[0.002]^2} = 16$$

نلاحظ عند تقليل درجة الحرارة من $25°C$ الى $10°C$ فان ثابت الاتزان تقل قيمته من 16 الى 4 أي ان التناسب طردي بينهما وهذا يدل على ان التفاعل ماص للحرارة.

س (2-1): املأ الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها:

1- في التفاعل المتزن الاتي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$
فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تراكيز المواد **الناتجة**.

2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_C لنظام متزن عند 500^oC تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند 200^oC تساوي 4×10^{-12} فان ذلك يدل على ان التفاعل **باعث** للحرارة.

3- في التفاعل المتزن الاتي: $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + 127KJ$
عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام المتزن فان حرارة التفاعل **ترتفع**.

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند **رفع** درجة الحرارة.

5- في التفاعل المتزن: $2CO_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + C_{(S)}$ فان **تقليل** الضغط يزيد من استهلاك غاز CO_2 .

6- في التفاعل المتزن: $2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ$ فان رفع درجة الحرارة لإناء التفاعل يعمل على **زيادة** قيمة K_C للتفاعل.

7- التغير بـ **الضغط** لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الآتي:



$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

8- للتفاعل المتزن: طاقة + $2HCl_{(g)} \rightleftharpoons Cl_{2(g)} + H_{2(g)}$ يمكن زيادة تركيز HCl الناتج عند **خفض** الحرارة للتفاعل.

9- في التفاعل المتزن: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ وبدرجة حرارة معينة اذا كانت قيمة K_P للتفاعل = 3 والضغط الجزئي لغاز NO_2 يساوي 3 atm فان الضغط الجزئي لغاز N_2O_4 يساوي **3 atm**.

10- في التفاعل المتزن الاتي: $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(L)}$ بدرجة حرارة معينة وجد K_C للتفاعل 1×10^{28} فهذا يدل على ان موضع الاتزان في اتجاه تكوين **النواتج**.

11- عندما تكون K_P اصغر من K_C فان مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة **اكبر** من مجموع عدد مولات المواد الناتجة.

12- اذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل اصغر من ثابت الاتزان K_C للتفاعل فان التفاعل يتجه نحو المواد **الناتجة**.

13- عند زيادة الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتفاعلة اصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فان موضع الاتزان ينحرف باتجاه **المواد المتفاعلة**.

14- العلاقة بين ثابت الاتزان K_C وتراكيز النواتج علاقة **طردية**.

15- عند تقليل الضغط في خليط متزن $(\Delta n_g = -1)$ فالتفاعل ينزاح نحو **المتفاعلات** وثابت الاتزان K_C **لا يتأثر**.

16- تفاعل متزن ثابت اتزانه $K_C = 4$ فعند سحب النواتج من خليط الاتزان **لا يتأثر**.

17- عندما $\Delta n_g =$ **صفر** لا يكون للضغط المسلط على التفاعل الغازي تأثير في حالة الاتزان.

18- يترجح التفاعل **الخلفي** لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد إناء التفاعل.

19- في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي في حالة اتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند **زيادة** درجة الحرارة.

20- في تفاعل متزن وجد ان $K_C = \frac{K_P}{RT}$ ما يدل على ان مجموع مولات المواد الناتجة الغازية في هذا التفاعل **اكبر** من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة.

س (2-2): اختر الجواب الصحيح:

1. ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ عند درجة حرارة $727^\circ C$ تبلغ 4.17×10^{-2} . فأن اتجاه التفاعل عند خلط $0.4M$ من SO_3 و $0.1M$ من O_2 و $0.02M$ من SO_2 تكون:

أ- **باتجاه المواد المتفاعلة.**
ب- باتجاه المواد الناتجة.
جـ- التفاعل في حالة اتزان ديناميكي.
د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

2. التفاعل المتزن: $CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(S)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما:

أ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان.
جـ- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان.
ب- **يزداد الضغط الكلي.**
د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

3. في التفاعل المتزن: $I_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2IF_{(g)}$ ثابت الاتزان K_C يساوي 1×10^{6} بدرجة حرارة 200K فاذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان 0.2 atm لغاز IF و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزئي لغاز I_2 يساوي:

أ- 5×10^{4} atm　　ب- 1×10^{-5} atm

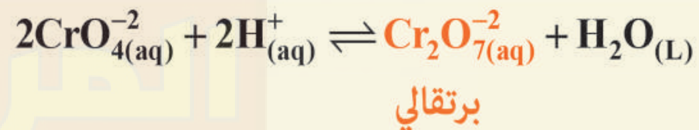
جـ- 1×10^{5} atm　　د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

4. اذا كانت قيمة K_C للتفاعل: $Li_{(g)} + \frac{1}{2}I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI_{(g)}$ عند 300K تساوي 640.3 فان قيمة K_C للتفاعل: $2LiI_{(g)} \rightleftharpoons 2Li_{(g)} + I_2$ عند درجة الحرارة نفسها تساوي:

أ- 25.3　　ب- 41×10^{4}

جـ- 15.6×10^{5}　　د- **كل الإجابات السابقة خاطئة.**

5. عند مزج محلول K_2CrO_4 مع محلول HCl فانه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة الأيونية الآتية:



$$2CrO^{-2}_{4(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O^{-2}_{7(aq)} + H_2O_{(L)}$$

برتقالي

فاذا اردنا ان نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الإناء فأننا نقوم بالآتي:

أ- نضيف مزيد من الماء.　　ب- **نضيف مزيد من HCl .**

جـ- نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_7$.　　د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

6. عند إضافة محلول NaOH الى المزيج في السؤال السابق فأننا نتوقع أن يحدث:

أ- زيادة بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$.　　ب- زيادة بتركيز H_2O .

جـ- **نقص بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$** .　　د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

7. للتفاعل المتزن: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ قيمة K_P للتفاعل عند 25°C تساوي 5.5×10^{-5} فإن قيمة K_C للتفاعل تساوي:

أ- 22523.3　　ب- 9×10^{4}

جـ- 0.03　　د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

8. للتفاعل المتزن: $2Br_{(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)}$ قيمة K_P عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة K_F للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فإن قيمة K_b تساوي:

أ- 0.2 ب- 20 جـ- 7.8 د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

9. للتفاعل المتزن: $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ ثابت الاتزان $K_P = 2$ فإن التفاعل يتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة (بوحدات mole / L) هي الآتي:

أ- تركيز HI يساوي 0.1 وتركيز I_2 يساوي 0.05 وتركيز H_2 يساوي 0.05 .

ب- تركيز HI يساوي 0.4 وتركيز I_2 يساوي 0.1 وتركيز H_2 يساوي 0.2 .

جـ- تركيز HI يساوي 0.001 وتركيز I_2 يساوي 0.0002 وتركيز H_2 يساوي 0.0025 .

د- **كل الإجابات السابقة خاطئة.**



سؤال خارجي: في وعاء حجمه لتر واحد وضع مول واحد من غاز NO_2 بدرجة حرارة معينة فوجد أن 40% من الغاز قد تفكك عند وصوله الى حالة الاتزان احسب التفاعل الآتي:



$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$$

احسب ΔG_r° للتفاعل؟

ج:

أ.خالد الدليمي 07813351668

سؤال خارجي: للتفاعل الآتي:



$$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$

وضع في أناء حجمه لتر 0.8 mole من غاز CO_2 بدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد أن نصف كمية الغاز قد تفككت. احسب ΔG_f° لغاز CO اذا علمت أن ΔG_f° لغاز CO_2 تساوي 394 KJ/mol ؟

ج:



سؤال خارجي: تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الآتية:

$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

قيمة ΔS_r° للتفاعل 160 J/K.mol فإذا علمت أن ΔH_f° لكل من CO_2 , CaO , $CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات KJ/mol (-393.5 , -635 , -1207) جد ثابت الاتزان.

ج:




قوانين الفصل الثاني



$$aA + bB \rightleftharpoons gG + Hh$$

$$K_C = \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b}$$

$$K_P = \frac{PG^g PH^h}{PA^a PB^b}$$

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b}$$

$$K_C = K_P (RT)^{\Delta n_g}$$

$\Delta n_g = \sum n_{(g)}$ نواتج $- \sum n_{(g)}$ للمتفاعلات

$$Q = \frac{PG^g PH^h}{PA^a PB^b}$$

$$\Delta G = \Delta G^o + RT \ln Q$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

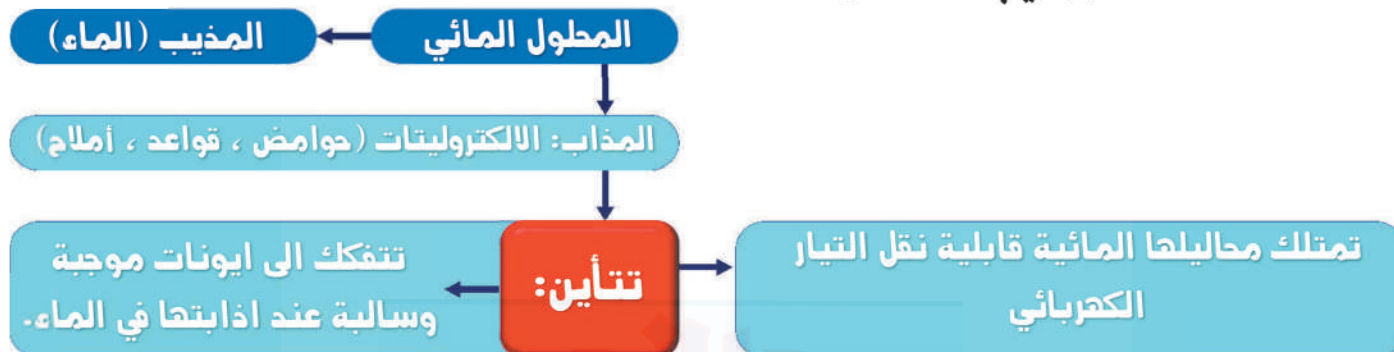
Notes:

الفصل الثالث

(الاتزان الأيوني في المحاليل المائية)

سوف نركز اهتمامنا في هذا الفصل على خواص المادة الذائبة في الماء فقط:

المحلول المائي: هو عبارة عن مزيج متجانس ناتج من ذوبان مادة (المذاب Solute) في الماء (المذيب Solvent).





حوامض قوية	قواعد قوية	أملاح تامة
$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$	$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$	1. **متعادل**
$HBr \longrightarrow H^+ + Br^-$	$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$	2. **حامضية**
$HI \longrightarrow H^+ + I^-$	$LiOH \longrightarrow Li^+ + OH^-$	3. **قاعدية**
$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$	$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2OH^-$	4. **متعادلة**
$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$	$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2OH^-$	

حوامض ضعيفة	قواعد ضعيفة	أملاح شحيحة
$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$	1. ذوبانية S
1. $Ka = \frac{[CH_3COO^-][H]^+}{[CH_3COOH]}$	1. $Kb = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$	2. K_{SP}
2. درجة التأين الحامض الضعيف $= \frac{[H^+]}{[acid]}$	2. درجة التأين القاعدة الضعيفة $= \frac{[OH^-]}{[Base]}$	3. مشبع
3. % لتأين الحامض الضعيف $= \frac{[H^+]}{[acid]} \times 100\%$	3. %لتأين القاعدة الضعيفة $= \frac{[OH^-]}{[Base]} \times 100\%$	4. ترسيب

ملاحظات مهمة حول الفصل الثالث

1- من شروط التأين أن يتأين مول واحد فقط من الالكتروليت في الماء لا اقل ولا اكثر.

ملاحظات الحوامض:

2- الجزء الفعال في الحوامض هو البروتون (H^+) وهو المسؤول عن نقل الصفة الحامضية الى المحلول.

3- يكون موقع H^+ في الحوامض طرفي أما في بداية صيغة الحامض اذا كان لاعضوي مثل HCl ، HF ، H_2SO_4 أو في نهاية صيغة الحامض اذا كان عضوي مثل CH_3OOH .

4- عند وجود في السؤال K_a أو % لتأين الحامض أو درجة تأين الحامض فهذا دليل على انه ضعيف $(\rightleftharpoons)$ وعند عدم وجود هذه الدلائل فالحامض قوي $(\longrightarrow)$.

ملاحظات القواعد:

5- الجزء الفعال في القواعد هو OH^- (أيون الهيدروكسيد السالب) وهو المسؤول عن نقل الصفة القاعدية الى المحلول.

6- عند وجود K_b أو درجة تأين أو النسبة المئوية لتأين القاعدة في السؤال فهذا دليل على أن القاعدة ضعيفة $(\rightleftharpoons)$ وعند عدم وجود هذه الدلائل فالقاعدة قوية $(\longrightarrow)$.

7- كيفية إيجاد $[H^+]$ في الحوامض القوية و $[OH^-]$ في القواعد القوية:

أ. عدد أيونات H^+ × [الحامض القوي] = $[H^+]$

ب. عدد أيونات OH^- × [القاعدة القوية] = $[OH^-]$

8- كيفية حل مسائل الالكتروليت الضعيف:

أ. نكتب معادلة تأين الالكتروليت الضعيف $(\rightleftharpoons)$.

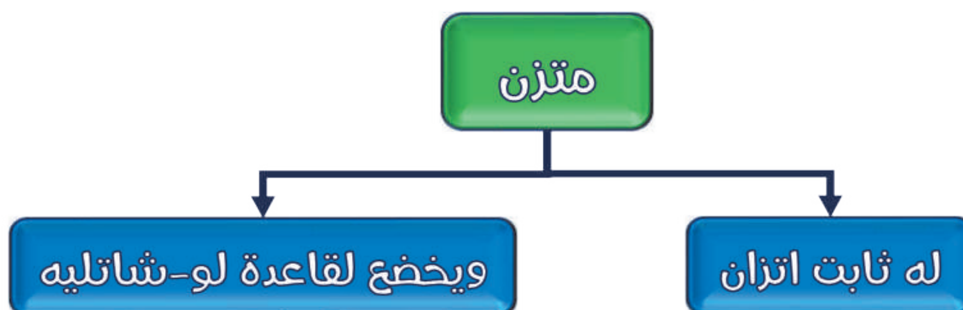
ب. نعوض التراكيز عند الاتزان. (لا يوجد جدول).

جـ. يتم إيجاد المطلوب من دليل الضعيف المعلوم في السؤال.

9- أهم الايونات التي يجب حفظها:

H^+ , Na^+ K^+ , Li^+ Ag^+ , NH_4	Cu^{+2} , Zn^{+2} Ca^{+2} , Ba^{+2} Mg^{+2}	OH^- NO_3^- نترات CH_3COO^- خلات IO_3^- يودات Cl^- F^- Br^- I^-	PO_4^{-3} فوسفات SO_4^{-2} كبريتات CO_3^{-2} كاربونات CrO_4^{-2} اوكزالات

10- في هذا الفصل كل انعكاسي متزن (لا يوجد جدول).



11- الرموز المستخدمة في هذا الفصل:

HA حامض احادي البروتون (قوي أو ضعيف) .

B قاعدة ضعيفة.

BOH قاعدة قوية (احادي الهيدروكسيد) .

AB ملح.

أولاً: **المواد الالكتروليتية (الالكتروليتات)** (وزاري): وهي المواد التي تكون لمحاليلها المائية أو منصهراتها القدرة على توصيل التيار الكهربائي وذلك لاحتوائها على أيونات موجبة وسالبة وقد تكون قوية مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) أو ضعيفة مثل حامض الخليك (CH_3COOH) وهناك بعض الأملاح شحيحة الذوبان تسلك سلوك الألكتروليتات (القوية والضعيفة).

سؤال خارجي: وزاري: ما أهم سمات (مميزات) الألكتروليتات؟

ج: 1- عند اذابتها في الماء فإن محلولها المائي يحتوي على أيونات موجبة وسالبة.
2- تكون محصلة الشحنة الكهربائية لها مساوية للصفر أي انها متعادلة كهربائياً.
3- لها القابلية على نقل التيار الكهربائي.
4- تعتمد قابليتها للتوصيل الكهربائي على طبيعة الأيونات المكونة لها وعلى تركيز الأيونات فيها إضافة الى درجة حرارة المحلول.

سؤال خارجي: علام يعتمد قابلية التوصيل الكهربائي للالكتروليتات؟

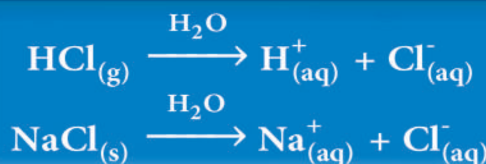
ج: 1- طبيعة الأيونات المكونة لها. 2- تركيز الأيونات فيها. 3- درجة حرارة المحلول.

علل: علام يعتمد سلوك الأصناف المتكونة في المحلول نتيجة لذوبانها (أي مادة مذابة في الماء)؟

ج: 1- طبيعة المواد نفسها. 2- طبيعة الوسط الذي يحتويها.

ثانياً: المواد غير الالكتروليتية: وهي المواد التي تكون محاليلها المائية غير موصلة للتيار الكهربائي، لأنها لا تتأين مثل (السكروز).

الألكتروليتات القوية: وهي الألكتروليتات التي ينتج عن ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل الكهربائي بسبب تفككها التام الى أيونات (موجبة وسالبة) مثل:



$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

تقسم الالكتروليتات القوية الى:

1. الحوامض القوية	2. القواعد القوية	3. معظم الأملاح الذائبة في الماء
HCl	$NaOH$	$NaCl$
HBr	KOH	$CaCl_2$
HI	$Ba(OH)_2$	KNO_3
HNO_3	$Ca(OH)_2$	$AgNO_3$
H_2SO_4	$LiOH$	K_2SO_4
H_2CrO_4		

أمثلة عن الالكتروليتات القوية

مثال (3 – 1): احسب تركيز H^+ الناتج من تفكك:

أ. 0.1M من حامض الهيدروكلوريك HCl؟

بـ. 0.1M من حامض الكبريتيك H_2SO_4؟

ج: أ. الطريقة الأولى:



$$HCl \xrightarrow{\text{تام}} H^+ + Cl^-$$

[الابتدائية]	0.1M	0	0
نهاية التفاعل	صفر	0.1M	0.1M

الطريقة الثانية:

$[H^+] = [HCl] \times 1$

$[H^+] = 0.1\ M$

بـ. الطريقة الأولى:



$$H_2SO_4 \xrightarrow{\text{تام}} 2H^+ + SO_4^{-2}$$

[الابتدائية]	0.1M	0	0
نهاية التفاعل	صفر	0.2M	0.1M

الطريقة الثانية:

$[H^+] = [H_2SO_4] \times 2$

$[H^+] = 0.1 \times 2$

$[H^+] = 0.2\ M$

مثال (3-2): احسب التراكيز المولارية للأيونات الناتجة من تفكك:

أ. 0.03M من هيدروكسيد الصوديوم NaOH؟

ب. 0.03M من هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$؟

ج: أ. الطريقة الأولى:



$$NaOH \xrightarrow{\text{تام}} Na^{+} + OH^{-}$$

[الابتدائية]	0.03M	0	0
نهاية التفاعل	صفر	0.03M	0.03M

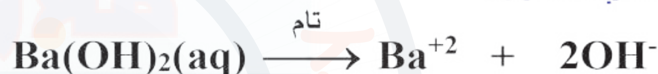
الطريقة الثانية:

$[OH^-] = [NaOH] \times 1$

$[OH^-] = 0.03 \times 1$

$[OH^-] = 0.03\ M$

ب. الطريقة الأولى:



$$Ba(OH)_2(aq) \xrightarrow{\text{تام}} Ba^{+2} + 2OH^{-}$$

[الابتدائية]	0.03M	0	0
نهاية التفاعل	صفر استهلاك تام	0.03M	0.06M

الطريقة الثانية:

$[OH^-] = [Ba(OH)_2] \times 2$

$[OH^-] = 0.03 \times 2$

$[OH^-] = 0.06\ M$



تمرين (3-1): احسب تراكيز الأصناف الأيونية في محاليل المركبات (الالكتروليتات قوية) التالية حسب التراكيز المشار اليها؟

أ. HBr = 0.25M	ج:	$HBr \xrightarrow{\text{تام}} H^{+} + Br^{-}$ 0.25 → 0 ; H^+ 0.25 ; Br^- 0.25
ب. KOH = 0.055M	ج:	$KOH \xrightarrow{\text{تام}} K^{+} + OH^{-}$ 0.055 → 0 ; K^+ 0.055 ; OH^- 0.055
جـ. $CaCl_2$ = 0.155M	ج:	$CaCl_2 \xrightarrow{\text{تام}} Ca^{+2} + 2Cl^{-}$ 0.155 ; Ca^{+2} 0.155 ; Cl^- 2(0.155) = 0.31M

الالكتروليتات الضعيفة: وهي الالكتروليتات التي تكون قابلية محاليلها المائية للتوصيل الكهربائي ضعيفة لكونها تتأين بشكل جزئي $\rightleftharpoons$ ومن الأمثلة على الالكتروليتات الضعيفة:

1- الحوامض الضعيفة.

2- القواعد الضعيفة.

3- الأملاح شحيحة الذوبان.







الالكتروليتات الضعيفة

الحامض الضعيف (HA): هو الحامض الذي لا يتأين بشكل تام ($\rightleftharpoons$) في محلوله المائي.

القاعدة الضعيفة (B): هي القاعدة التي لا تتأين بشكل تام ($\rightleftharpoons$) في محلولها المائي.

الحامض احادي البروتون: هو الحامض الذي يمكن لكل جزيء منه أن ينتج بروتون واحد فقط عند تفككه في الماء (اي انه يحتوي على ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين) سواء كان حامض قوي أو ضعيف مثل: HCl , CH_3COOH

الحامض متعدد البروتون: هو الحامض الذي يمكن لكل جزيء منه أن ينتج بروتون أو أكثر وعلى مراحل متعددة وغالباً ما يكون البروتون الأخير ضعيف مثل: H_3PO_4 ولكل مرحلة تفكك ثابت تفكك خاص به.

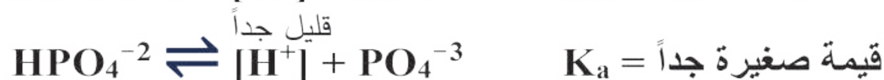
علل: يقل ثابت تأين الحامض الضعيف متعدد البروتون بتقدم مراحل التأين؟

ج: وذلك بسبب زيادة قوة التجاذب الالكتروستاتيكي بين الصنف السالب للمركب والبروتون الموجب الذي يحاول الانفصال عنه.









الحوامض الضعيفة	القواعد الضعيفة	أملاح شحيحة الذوبان
حامض الخليك CH_3COOH	أمونيا NH_3	كلوريد الفضة $AgCl$
حامض الفورميك $HCOOH$	البريدين C_5H_5N	فلوريد الكالسيوم CaF_2
الهيدروسيانيك HCN	مثيل أمين CH_3NH_2	كلوريد الزئبق Hg_2Cl_2
حامض الهيدروفلوريك HF		
حامض النتروز HNO_2		
الاوكزاليك $H_2C_2O_4$		
الهيدروكبريتيك H_2S		
الكاربونيك H_2CO_3		
حامض الكبريتوز H_2SO_3		
الفسفوريك H_3PO_4		

تعريف الحامض حسب نظرية برونشتد-لوري

هو المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون (H^+) لتكوين قاعدة قرينة (أيون سالب):



$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

حامض　　بروتون　　قاعدة قرينة

قد يكون الحامض جزيئة متعادلة مثل: HCl , H_2SO_4 , CH_3COOH أو أيوناً موجباً مثل: (NH^+_4) , $(C_6H_5NH^+_3)$ أو أيوناً سالباً مثل: (HSO_4^-) , $(H_2PO_4^-)$

تعريف القاعدة (Base) حسب نظرية برونشتد-لوري

هي المادة التي لها القابلية على اكتساب البروتون (H^+) مكونة حامض قرين (أيون موجب).

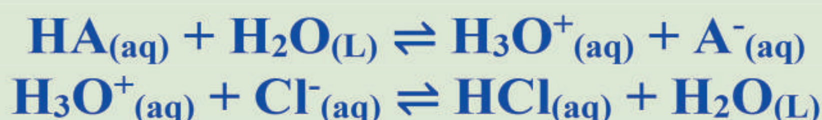
قد تكون القاعدة متعادلة مثل: (NH_3) , (CH_3NH_2) أو أيوناً سالباً مثل: (OH^-) , (CH_3COO^-)



$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

انتبه

لكل حامض قاعدة قرينة (الجزء السالب من الحامض) تخالفه في القوة. ولكل قاعدة حامض قرين (الجزء الموجب من القاعدة) يخالفها في القوة. فإذا كان الحامض قوي فإن قاعدته القرينة تكون ضعيفة والعكس صحيح.



$$HA_{(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$
$$H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightleftharpoons HCl_{(aq)} + H_2O_{(L)}$$

أ.خالد الدليمي 07813351668

تعريف الحامض القرين: هو الأيون الموجب الناتج من تفكك القاعدة ويخالفها بالقوة.

تعريف القاعدة القرينة: هو الأيون السالب الناتج من تفكك الحامض ويخالفه بالقوة.

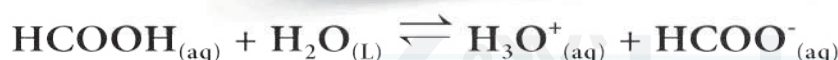
علل: علام تعتمد قوة الحامض أو القاعدة حسب نظرية برونشتد؟

ج: تعتمد قوة الحامض أو القاعدة حسب نظرية برونشتد على:

أ. مدى قابلية الحامض على فقدان البروتون (H^+). ومدى قابلية القاعدة على اكتساب البروتون (H^+).

ب. على الوسط الذي يحتوي هذه الأصناف.

حساب ثابت تفكك الحامض الضعيف (K_a)



$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$$

نطبق قاعدة ثابت الاتزان K_{eq} لهذه المعادلة:

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH][H_2O]}$$

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

انتبه

1. يستخدم هذا القانون للحوامض الضعيفة فقط $(\rightleftharpoons)$.
2. ان قيم ثابت الاتزان للحوامض الضعيفة (K_a) مختلفة فكلما ازدادت قيمة K_a زادت حموضته (زاد تفككه). لأن التناسب بين K_a و $[H^+]$ طردي.
3. يمكن الاستفادة من القانون أعلاه (K_a) لحساب تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$ وذلك من معرفة تركيز الحامض الضعيف $[HCOOH]$ وقيمة ثابت تفككه (K_a).
4. في فصل الاتزان الكيميائي كنا نشير الى التغير الحاصل في التراكيز للمواد المتفاعلة بإشارة سالبة وإشارة موجبة للنواتج للاستفادة منها في حل المسائل. أما في هذا الفصل (الاتزان الأيوني) فسوف نشير الى قيم التراكيز الابتدائية والنهائية عند حالة الاتزان فقط.

حساب ثابت تأين القاعدة الضعيفة (K_b)

لديك التفاعل الآتي: $B_{(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons BH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

اكتب قانون ثابت التفكك للقاعدة الضعيفة؟

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

علل: تزداد قيمة K_a بزيادة تفكك الحامض الضعيف؟

ج: بزيادة تفكك الحامض يزداد تركيز H^+ في نواتج التأين وبذلك تزداد تراكيز النواتج فتزداد قيمة K_a (التناسب طردي بينهما).

علل: تزداد قيمة K_b بزيادة تفكك القاعدة الضعيفة؟

ج: بزيادة تفكك القاعدة يزداد تركيز OH^- في نواتج التأين وبذلك تزداد قيمة K_b (تناسب طردي بينهما).

درجة التفكك (التأين): هي النسبة بين كمية (تركيز) المادة المتفككة عند حالة الاتزان الى كمية (تركيز الابتدائي) للمذاب.

حساب درجة التفكك (التأين) والنسبة المئوية للتأين

درجة تفكك (تأين) الحامض الضعيف = $\frac{[H^+]}{[\text{الحامض الابتدائي}]}$	درجة تفكك القاعدة (التأين) = $\frac{[OH^-]}{[\text{القاعدة الابتدائي}]}$
النسبة المئوية للتفكك (تأين) الحامض = $\frac{[H^+]}{[\text{الحامض الابتدائي}]} \times 100$	النسبة المئوية للتفكك القاعدة = $\frac{[OH^-]}{[\text{القاعدة الابتدائي}]} \times 100$
أي ان النسبة المئوية للتفكك = درجة التفكك × 100%	

علل: عندما يكون الماء هو المذيب $[H_2O]$ فلا يدخل تركيزه في حساب ثابت الاتزان؟

ج: وذلك لأنه قيمة ثابتة وتدخل ضمن قيمة ثابت الاتزان وكما في المثال التالي:

سؤال: ما قيمة التركيز المولاري للماء؟

ج: يتم حساب $[H_2O]$ في المحاليل المخففة على انه مساوي لتركيز الماء النقي (كثافة 1kg/L). لذا يتم حساب $[H_2O]$ من قانون المولارية M.

$$M_{(H_2O)} = [H_2O] = \frac{m(g)}{M(g/mol) \times V_{1(L)}} = \frac{1000g}{18g/mol \times 1L}$$

$[H_2O] = 55,55$ mol/L أو M

أي ان قيمة الماء تدخل ضمن قيمة ثابت الاتزان.

مثال (3-3):
احسب تركيز أيون الهيدروجين المائي $H^+_{(aq)}$ في 0.1M من محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض إذا علمت ان ثابت تفكك الحامض $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟ علماً بأن $\sqrt[2]{1.8} = 1.3$

ج:



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

[عند الاتزان]	0.1	x	x

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO]}{[CH_3COOH]} \rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x)(x)}{(0.1 - x)} \Rightarrow x^2 = 1.8 \times 10^{6}$$

$x = [H^+] = 1.3 \times 10^{-3}$

درجة تفكك (الحامض) = $\frac{\text{تركيز ايون الهيدروجين عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}}$

درجة تفكك الحامض = $\frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.013$

النسبة المئوية لتفكك الحامض = درجة التفكك × 100%

$= 0.013 \times 100\% = 1.3\%$

مثال (3-5):
احسب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للتأين للمحلول المائي للأمونيا الذي تركيزه يساوي 0.2M علماً بأن ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟ علماً بأن $\sqrt[2]{3.8} = 1.9$

ج:



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

[عند الاتزان]	0.2 - x	x	x

$$K_b = \frac{[NH^+{}_4][OH^-]}{[NH_3]} \rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x^2)}{0.2}$$

$x^2 = (0.2)(1.8 \times 10^{6})$

$x^2 = 3.6 \times 10^{-6}$ نجذر الطرفين

$x = [OH^-] = 1.9 \times 10^{-3}$

درجة تفكك القاعدة (NH_3) = $\frac{[OH^-]}{\text{التركيز الابتدائي للقاعدة}} = \frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = \frac{19 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-1}}$

درجة التفكك = 0.0095 أو 95×10^{-4}

النسبة المئوية للتفكك (NH_3) = درجة التفكك × 100%

$= 0.0095 \times 100\% = 0.95\%$

تمرين (3-2): احسب تركيز أيون الهيدروجين المائي لحامض الهيدروسيانيك HCN $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$ وتركيزه 0.2M؟

ج:



$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

عند الاتزان 0.2 x x

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]} \longrightarrow 4.9 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2}$$

$$X^2 = 0.98 \times 10^{-10} \simeq 1 \times 10^{-10}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

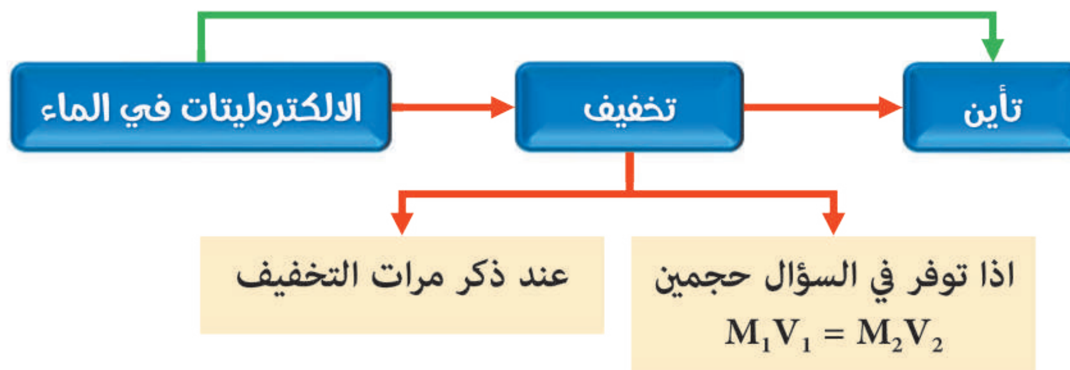
$$x = 1 \times 10^{-5} = [H^+] = [CN^-]$$

علل: عند تخفيف محلول الحامض بمقدار عشر مرات فإن درجة التفكك أو النسبة المئوية للتفكك تزداد بمقدار ثلاث مرات تقريباً؟

ج: تؤدي عملية التخفيف حسب قاعدة لي - شاتليه إلى إزاحة موقع الاتزان الأصلي إلى النواتج لإزالة التأثير الحاصل من عملية التخفيف وبذلك يزداد تفكك الحامض للوصول إلى حالة إتزان جديدة.

أنتبه :

المراحل التي يمر بها الالكتروليت في الماء هي كالاتي:

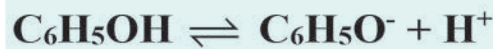


تمرين (3-3): احسب تركيز أيون الهيدروجين المائي $[H^+]$ في المحلول المائي للفينول: C_6H_5OH $K_a = 1.3 \times 10^{-10}$ الذي تركيزه هو: $\sqrt{0.26} = 0.51$.

أ. 0.2M. ب. بعد تخفيفه لمئة مرة؟

ج: أ.

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$



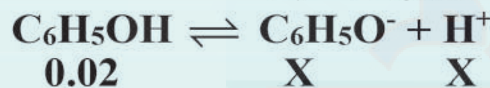
$$K_a = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2} \Rightarrow X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$X = 0.51 \times 10^{-5} \quad M = [H^+]$$

ب.



$$[C_6H_5OH]_{\text{بعد التخفيف}} = \frac{[C_6H_5OH]_{\text{قبل}}}{\text{عدد مرات التخفيف}}$$

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

	C_6H_5OH	$C_6H_5O^-$	H^+
عند الاتزان	0.02	X	X

$$K_a = \frac{X^2}{0.02} \rightarrow 1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002}$$

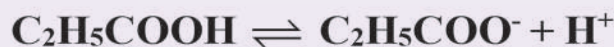
$$X^2 = 0.0026 \times 10^{-10} = 0.26 \times 10^{-12}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$X = 0.51 \times 10^{-6} \; [H^+]$$ بعد التخفيف لمئة مرة

س (3-10): إذا علمت ان قيمة K_a لحامض البروبانويك C_2H_5COOH تساوي 1.3×10^{-5} فما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض في محلوله المائي ذو التركيز 0.65M؟ علماً بأن: $\sqrt{8.45} = 2.9$

ج:



$$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$$

	C_2H_5COOH	$C_2H_5COO^-$	H^+
عند الاتزان	0.65	X	X

$$K_a = \frac{[C_2H_5COO^-][H^+]}{[C_2H_5COOH]}$$

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.65} \Rightarrow X^2 = 0.845 \times 10^{-5} \Rightarrow X^2 = 8.45 \times 10^{-6}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$X = 2.9 \times 10^{-3} \; M = [H^+] = [C_2H_5COO^-]$$

$$\text{التأين}\ \% = \frac{[H^+]}{[acid]} \times 100\%$$

$$= \frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.65} \times 100\% = 0.446\%$$

س: متى نستخدم قانون التخفيف $(M_1V_1 = M_2V_2)$؟

$$V_2 = V_{\text{المحلول}} + V_{\text{المضاف}}$$

1- عند اضافة حجم معين من الماء إلى محلول يمتلك حجم وتركيز.

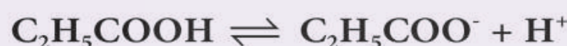
2- عند إضافة محلول يمتلك حجم وتركيز إلى محلول آخر يمتلك حجم وتركيز.

ملاحظة : إذا أعطي في السؤال عدد مرات التخفيف فقط ولم يعطِ حجم المحلول فنطبق القانون التالي:

$$[\text{المادة بعد التخفيف}] = M_2 = \frac{[\text{الابتدائي للمادة}]}{\text{عدد مرات التخفيف}}$$

س (3-17): يتأين الحامض الخليك في محلوله المائي ذو التركيز 0.01M بمقدار 4.2% احسب ثابت تأين الحامض؟

ج:



$$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$$

0.01M X X

عند الاتزان

$$\text{التأين}\ \% = \frac{[H^+]}{[acid]} \times 100\%$$

$$4.2\% = \frac{X}{0.01} \times 100\%$$

$$4.2 = \frac{X}{10^{-2}} \times 10^2$$

$$X = 4.2 \times 10^{-4} = [H]$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{(4.2\times10^{-4})^2}{0.01}$$

$$K_a = \frac{17.64\times10^{-8}}{10^{-2}} = 17.64 \times 10^{-6}$$

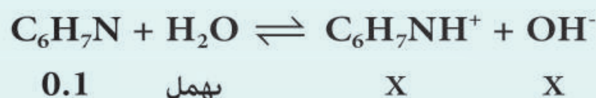
$$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

س (3-26): اذا علمت ان النسبة المئوية للتفكك 0.1M من حامض الهيدروسيانيك HCN تساوي 0.01% فكم هو ثابت تأين هذا الحامض؟

ج: $K_a = 1 \times 10^{-9}$

تمرين (3-4): احسب درجة التأين للمحلول المائي للأنيلين C_6H_7N تساوي $K_b = 3.8 \times 10^{-10}$ الذي تركيزه يساوي 0.1M؟ $\sqrt[2]{0.38} = 0.62$

ج:



$$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$$

0.1 يهمل X X

عند الاتزان

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[C_6H_7NH^+]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.1} \Rightarrow X^2 = 0.38 \times 10^{-10}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$X = 0.62 \times 10^{-5} = [OH^-]$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]}{[B]}$$

$$\frac{0.62 \times 10^{-5}}{0.1} = 6.2 \times 10^{-5}$$

س (3-11): ما تركيز الأمونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من $[NH_4^+]$ و 1.2×10^{-5} من $[OH^-]$ علماً بأن ثابت التفكك NH_3 يساوي $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$؟

ج:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

y x x

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.01)(1.2\times10^{-5})}{[NH_3]}$$

$$[NH_3] = \frac{1.2\times10^{-7}}{1.8\times10^{-5}} = 0.667 \times 10^{-2}\ M$$

التأين الذاتي للماء (البرتنة الذاتية)

وهي عملية انتقال بروتون بشكل تلقائي من جزيء ماء إلى جزيء ماء آخر لتكوين أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) وأيون الهيدروكسيد السالب (OH^-).

$$H_2O_{(L)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

(H^+)

وبشكل أبسط فإن عملية البرتنة كالآتي:

$$H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

K_w يمثل الحاصل الأيوني للماء

انتبه

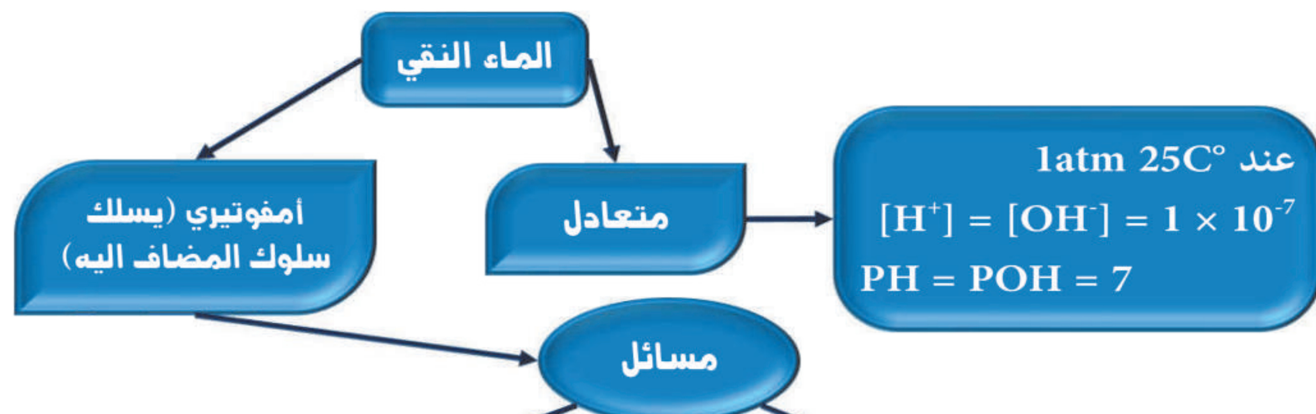
1. كل تفاعل انعكاسي يصل الى حالة الاتزان ولكل اتزان ثابت اتزان في الماء النقي المتعادل عند 25C° 1atm

$$K_w = [H^+]\ [OH^-] = (10^{-7})^2$$

$$K_w = 1 \times 10^{-14}$$

حفظ

2. البرتنة هي المسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.
3. أي محلول في الفصل الثالث يكون متعادل فإنه يسلك سلوك الماء.



مثال (3-6): احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول المائي لحامض النتريك HNO_3 بتركيز 0.05M؟ وهل المحلول حامضي أم قاعدي؟

ج: حامض النتريك قوي احادي البروتون

$[H^+] = [HNO_3] = 0.05M$

$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-2}}$

$= 0.2 \times 10^{-12}$ M

$\therefore$ $[H^+] > [OH^-]$ المحلول حامضي

مثال: احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول المائي لهيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز 0.2M؟ وهل المحلول حامضي أم قاعدي؟

ج: القاعدة اعلاه قوية احادية الـ OH^-

$[OH^-] = [KOH] = 0.2M$

$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-1}}$

$= 0.5 \times 10^{-13}$

$\therefore$ $[H^+] < [OH^-]$ المحلول قاعدي

تمرين (3-5): احسب تركيز أيونات الهيدروجين المائية في محلول يحتوي على أيونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز: أ. 0.01M ، ب. 2×10^{-9} M

ج:



س (3–1): المعادلة الآتية تمثل حالة الأتزان بين جزيئات الماء وأيوناته:

$$2H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أ. هل يتأثر إتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة؟

بـ. ما قيمة الحاصل الأيوني للماء K_w عند درجة حرارة $25C°$ وكم هو تركيز أيون الهيدروجين وتركيز أيون الهيدروكسيد في الماء النقي.

ج:

الاس الهيدروجيني (PH)
(الدالة الحامضية)

PH: طريقة لقياس أو للتعبير عن تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$ خصوصاً الصغيرة التي تكون قيمتها أصغر أو تساوي (1M) بدلالة سالب لوغارتم التركيز المولاري لأيون الهيدروجين في المحلول.

$POH = -\log [OH^-]$	$PH = -\log [H^+]$
$K_w = [H^+] [OH^-]$	$PH + POH = 14$
$[OH^-] = 10^{-POH}$	$[H^+] = 10^{-PH}$
$PH = POH = 7$ إذا كان المحلول متعادل	$\Delta PH = PH_2$ (بعد الاضافة) $- PH_1$ (قبل الاضافة)

سؤال خارجي: وزاري: ما الفائدة من معرفة الأس الهيدروجيني PH؟

ج: ان الفائدة من ذلك هو إمكانية التعبير عن حامضية وقاعدية المحاليل عند معرفة التراكيز المولارية لأيونات $[H^+]$ و $[OH^-]$ من خلال مجموعة من الأرقام بين (0 – 14).

أ.خالد الدليمي 07813351668



ملاحظات مهمة :

1. $PH < 7$ فإن المحلول حامضي
2. $PH > 7$ فإن المحلول قاعدي
3. $PH = POH = 7$ فإنه متعادل

مثال (3-7): احسب قيمة PH محلول يكون فيه تركيز أيونات H^+ يساوي 0.05M؟ $\log 0.05 = -1.3$

ج: $PH = -\log [H^+] = -\log 0.05 = -[-1.3] = 1.3$

المحلول حامضي لأن $PH < 7$.

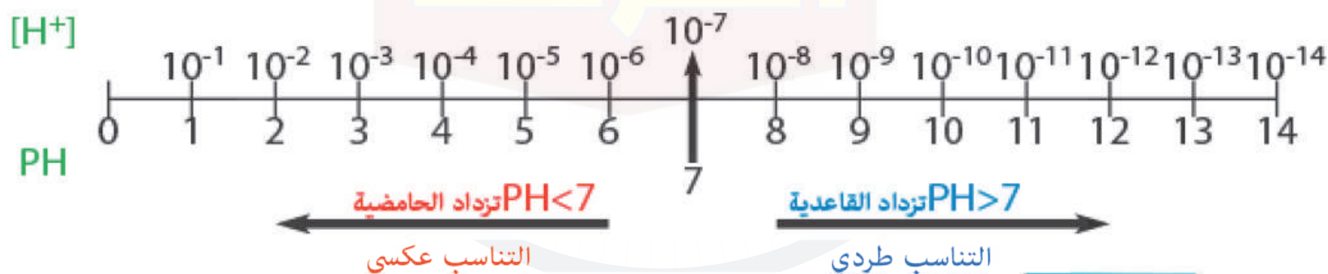
انتبه

1- $\log 1 = 0$, $\log 10 = 1$, $\log 100 = 2$, $\log 0.1 = -1$, $\log 0.01 = -2$

2- $\log y \times 10^{-5} = \log y - 5 \log 10 = \log y - 5 =$

3- $\log x / y = \log x - \log y$

$PH = POH = 7$ متعادل



ملاحظات

ملاحظة : كل دالة (P) تمثل سالب لوغارتم

P = -log

- $PH = -\log [H^+]$
- $POH = -\log [OH^-]$
- $PK_a = -\log K_a$
- $PK_b = -\log K_b$
- $PK_w = -\log K_w$
- $PK_{sp} = -\log K_{sp}$

كيفية حساب الأجزاء الفعالة والدوال للمحلول الحامضي أو القاعدي

اذا كان المحلول قاعدي



- $POH = -\log[OH^-]$ → $PH = 14 - POH$
- $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$

اذا كان المحلول حامضي



- $PH = -\log[H^+]$ → $POH = 14 - PH$
- $[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$

مثال (3-9): احسب $[H^+]$ و $[PH]$ و $[OH^-]$ و $[POH]$ لمحلول حامض الهيدروكلوريك بتركيز 0.015M؟ Log 0.015 = -1.82

ج:

$[H^+] = 0.015M = [HCL]$

لأن الحامض قوي البروتون

$PH = -\log [H^+]$

$PH = -\log 0.015$

$PH = -(-1.82) = 1.82$

$[H^+] [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$

$$[OH^-] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[H]^+} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0.015}$$

$[OH^-] = 6.7 \times 10^{-13}$ M

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH$

$POH = 14 - 1.82 = 12.18$



تمرين (3-6): احسب قيم الدالة الحامضية (PH) للمحاليل الآتية؟ علماً أن: log6 = 0.78

أ. 6.0×10^{-4} mol/L من حامض الهيدروكلوريك؟

ب. 0.03M من حامض الكبريتيك؟

ج: أ.

$[H^+] = [HCL] = 6 \times 10^{-4}$ M

لأن الحامض قوي أحادي البروتون

$PH = -\log [H^+] = -\log 6 \times 10^{-4}$

$PH = -(0.78-4) = 3.22$

ب.

$[H^+] = 2 [H_2SO_4] = 2(0.03)$

$[H^+] = 0.06$ M

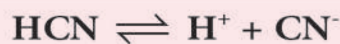
$PH = -\log [H^+] = -\log 6 \times 10^{-6}$

$PH = -(0.78-2) = 1.22$

سؤال خارجي: احسب $[H^+]$ و $[PH]$ و $[OH^-]$ و $[POH]$ لمحلول حامض HCN تركيزه 0.2M

علماً بأن: $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$

ج:



$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

$$0.2 \qquad x \qquad x$$

عند الاتزان ________________

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]} \longrightarrow 4.9 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2}$$

$$X^2 = 0.98 \times 10^{-10} \simeq 1 \times 10^{-10}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$x = [H^+] = 1 \times 10^{-5}\ M$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

$$PH = -\log [H^+] = -\log 10^{-5} = 5$$

$$POH = 14 - PH = 14 - 5 = 9$$

سؤال خارجي: احسب $[H^+]$ و $[PH]$ و $[OH^-]$ و $[POH]$ لمحلول حامض الخليك CH_3COOH تركيزه 0.1M والنسبة المئوية لتأين الحامض = 0.01%

ج:

أ.خالد الدليمي 07813351668

تمرين (3-8): أكمل الجدول الآتي: هل وجدت علاقة واضحة بين قيم PH و POH لكل محلول؟ ما هي؟

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
0.15 M HI	0.15	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
0.6 M RbOH	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
0.02 M $Ba(OH)_2$	2.5×10^{-13}	0.04	12.6	1.4
0.0003 M $HClO_4$	0.0003	3.3×10^{-11}	3.53	10.47



سؤال خارجي: احسب قيم [PH] للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيزه 0.015 M وهل المحلول حامضي أم قاعدي ولماذا؟ علماً أن: $\log 0.03 = -1.5$

ج: PH = 12.5

سؤال خارجي: احسب قيم PH للمحلول المائي للأمونيا NH_3 تركيزه 0.1M إذا علمت أن:

$\log 6 = 0.78$ و $K_b = 3.6 \times 10^{-10}$

ج: PH = 10.78



سؤال خارجي: احسب تركيز $[H^+]$ في محلول يكون PH له يساوي 2.7؟ $\log 2 = 0.3$

ج:

$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-2.7} \times 10^{3} \times 10^{-3}$

$[H^+] = 10^{0.3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$ M

سؤال خارجي: احسب مقدار K_a لحامض الخليك في محلوله المائي إذا علمت أن $P_{Ka} = 4.74$؟

$\log 1.8 = 0.26$

ج:

$K_a = 10^{-PKa} = 10^{-4.74} \times 10^{5} \times 10^{-5}$

$= 10^{0.26} \times 10^{-5} = 1.8 \times 10^{-5}$

س (3-25): كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) $M = 56\ g/mol$ اللازم إضافتها إلى 200mL من الماء المقطر لتصبح قيمة PH المحلول الناتج تساوي 11؟

ج: في هذا السؤال لا يوجد تخفيف إذن نحن في مرحلة تأين القاعدة:



$$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$$

$$Y \qquad\qquad Y \qquad Y$$

$$POH = 14 - PH = 14 - 11 = 3$$

$$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-3}\ M = [KOH^-]$$

لأن القاعدة قوية أحادية الهيدروكسيد

$$m_{KOH} = [KOH] \times M \times V \qquad V = \frac{200}{1000} = 0.2L$$

$$m_{KOH} = 10^{-3} \times 56 \times 0.2 = 112 \times 10^{-4}\ g$$

س (3-2): جد مقدار التغير في قيمة PH للماء عند إضافة لتر منه للمحاليل الآتية:

1. 1mL من HCL تركيزه 10M. **2.** 1mL من NaOH تركيزه 10M.

ج: 1.

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$ للماء

$PH_1 = 7$ للماء قبل الإضافة

نطبق قانون التخفيف بعد إضافة HCl الى الماء

$M_1V_1 = M_2V_2$ HCl

$10 \times 0.001 = M_2 \times 1$

$M_2 = 0.01\ mol/L =$ بعد التخفيف $[HCl] = [H^+]$

$PH_2 = -\log [H^+]$

$PH_2 = -\log 0.01$

$PH_2 = -(-2) \Rightarrow 2 \Rightarrow \Delta PH = 2 - 7 \Rightarrow \Delta PH = -5$

$V_2 =$ الماء V + الحامض V
$V_2 = 1L + 0.001\ mL \leftarrow$ تهمل
$V_2 = 1L$

∴ PH الماء تغير (انخفض) من 7 قبل الإضافة (متعادل) الى 2 بعد الإضافة (حامضي) بمقدار خمس درجات على مقياس ال PH .

.2

$\Delta PH =$ بعد الاضافة $PH_2 - PH_1$ قبل الإضافة

$PH_1 = 7$ للماء قبل الإضافة

$M_1V_1 = M_2V_2$ NaOH

$10 \times 0.001 = M_2 \times 1$

$M_2 = 0.01 = [NaOH] = [OH^-]$

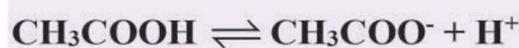
$POH = -\log [OH^-] = -\log 0.01$

$POH = 2 \Rightarrow PH_2 = 14 - 2 = 12$

$\Delta PH = 12 - 7 = 5$ ∴ المحلول قاعدي بعد الاضافة

س (3-4): ما عدد غرامات CH_3COOH $(M = 60\ g/mol)$ الواجب إضافتها إلى 250ml من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علماً بأن PK_a للحامض = 4.74 و $\log 1.8 = 0.26$ و $\log 2 = 0.3$

ج:



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$\quad y \qquad\qquad\qquad x \qquad\quad x$$

$$K_a = 10^{-PK_a} = 10^{-4.74} \times 10^5 \times 10^{-5}$$
$$= 10^{0.26} \times 10^{-5}$$
$$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-2.7} \times 10^3 \times 10^{-3}$$
$$[H^+] = 10^{0.3} \times 10^{-3}$$
$$[H^+] = 2 \times 10^{-3}\ M$$

$$K_a = \frac{x^2}{y}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{y}$$

$$y = \frac{4 \times 10^{-6}}{18 \times 10^{-16}} = 0.22\ M$$

$$m_{acid} = [acid] \times M_{(g/moL)} \times V_{(L)}$$
$$= 0.22 \times 60 \times \frac{250}{1000} = 3.3\ g$$

س (3-28): احسب قيمة الأس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1mL من 13.6M حامض الهيدروكلوريك إلى لتر باماء؟ علماً بأن: $\log 0.0136 = -1.87$

ج:

$M_1V_1 = M_2V_2$ HCl

$13.6 \times 0.001 = M_2 \times 1$

$M_2 = 0.0136 =$ بعد التخفيف $[HCl] = [H^+]$

$PH = -\log [H^+]$

$= -\log 0.0136$

$= -(-1.87)$

$= 1.87$

أ.خالد الدليمي 07813351668

س (7-3): أكمل الفراغات في الجدول الآتي:

محلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
حامض قوي 0.15 M HI	0.15 M	6.7×10^{-14}	0.82	13.18
حامض ضعيف 0.15 M HI	9.8×10^{-3}	1.02×10^{-12}	2	12
قاعدة قوية 0.06 M RbOH	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
قاعدة قوية $0.05\ M\ Ca(OH)_2$	1×10^{-13}	0.1	13	1
قاعدة ضعيفة $0.75\ M\ NH_4OH$	2.72×10^{-12}	3.67×10^{-3}	11.56	2.44

علماً ان ثابت تفكك الأمونيا 1.8×10^{-5} وثابت تفكك فلوريد الهيدروجين 6.5×10^{-4}



التمذوب: هو تفاعل المادة مع المذيب المستعمل لإذابتها.

ملاحظة: عندما يكون الماء هو المذيب المستعمل لاذابة المادة فتدعى عندئذ بالتحلل المائي للمادة.

التحلل المائي: (هو تفاعل المادة مع الماء) حيث تتضمن بعض تفاعلات التحلل المائي التفاعل مع أيونات H^+ و OH^-.

التحلل المائي للأملاح: هو عبارة عن تأين الملح إلى أيون موجب (حامض قرين) وأيون سالب (قاعدة قرينة).

المحاليل المائية للاملاح تامة الذوبان



أ. أملاح متعادلة (مشتقة من حوامض قوية وقواعد قوية)

ان هذه الأملاح تتكون من الأيون الموجب للقاعدة القوية والأيون السالب للحامض القوي.

علل: وهذا النوع من الأملاح يعطي محاليل متعادلة؟

ج: وذلك لأن ليس لأيوناتها الموجبة ولا لأيوناتها السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء لذا تكون هذه المحاليل متعادلة.

ففي المحلول المائي المخفف لـ (NaCl) وهو ملح مشتق من القاعدة القوية (NaOH) والحامض القوي (HCl) يتفكك الملح لينتج الايونات المكونة له إضافة إلى التأين الجزئي لجزيئات الماء وكما يأتي:



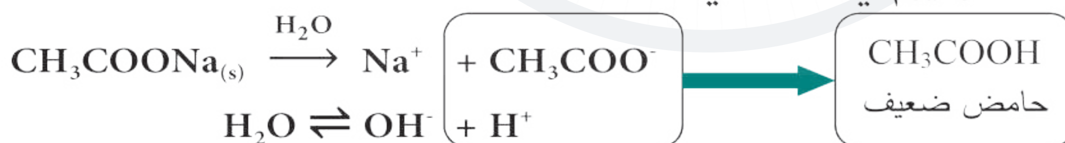
$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ M

$PH = POH = 7$

ب. أملاح قاعدية (مشتقة من حوامض ضعيفة وقواعد قوية)

وزاري: علل: عند إذابة أملاح مشتقة من قواعد قوية وحوامض ضعيفة في الماء فالمحلول الناتج ذو صفة قاعدية دائماً؟

ج: بسبب قابلية الأيون السالب للملح (الذي يعود في الأصل للحامض الضعيف) على التفاعل مع أيون $[H^+]$ الناتج من تفكك الماء وتكوينه الحامض الضعيف HA لذا يزداد تفكك الماء لتعويض النقص الحاصل في $[H^+]$ وبذلك يزداد تركيز أيون (OH^-) الذي يعطي الصفة القاعدية للمحلول. ومثال ذلك ذوبان ملح خلات الصوديوم في الماء كالآتي:



يدعى ثابت الاتزان لهذا التفاعل بـ (ثابت التحلل المائي K_h)

قوانين الأملاح القاعدية

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w . K_a}{C}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + \log C]$$

مثال (3-10): ما قيمة ثابت التحلل المائي لملح خلات الصوديوم؟ إذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ وثابت الحاصل الأيوني للماء $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$؟

ج: ان ملح خلات الصوديوم CH_3COONa مشتق من قاعدة قوية (NaOH) وحامض ضعيف CH_3COOH:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}}$$

$$K_h = 5.6 \times 10^{-10}$$

مثال (3-11): احسب قيمة PH محلول لملح خلات الصوديوم تركيزه 0.01M في درجة حرارة 25C°

علماً بأن: $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $\log 1.8 = 0.26$

ج:

$$PK_a = -\log K_a$$
$$= -\log 1.8 \times 10^{-5}$$
$$= -(0.26 - 5)$$
$$= -0.26 + 5$$
$$= 4.74$$
$$\log c = \log 0.01$$
$$= -2$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + \log C]$$
$$= \frac{1}{2}[14 + 4.74 - 2]$$
$$PH = 8.37$$

تمرين (3-10): احسب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم KCN تركيزه 0.1 mol/L؟ وهل المحلول قاعدي أم حامضي؟ $K_a(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$ ، $\log 4.9 = 0.69$

ج:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$
$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$
$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{7\times10^{-12}} = 0.142\times10^{-2}M$$

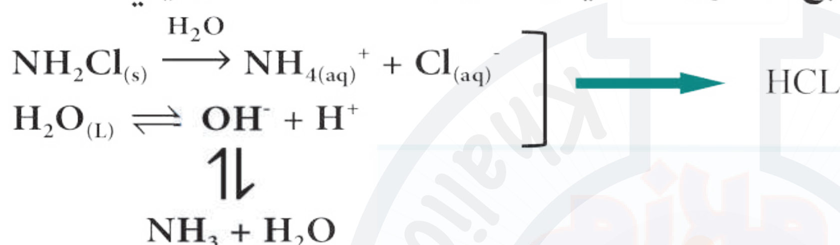
$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w . K_a}{C}}$$
$$[H^+] = \sqrt{\frac{1\times10^{-14}\times4.9\times10^{-10}}{0.1}}$$
$$[H^+] = \sqrt{49\times10^{-24}}$$
$$[H^+] = 7\times10^{-12}M$$

$[H^+] < [OH^-]$ ∴ المحلول قاعدي

جـ. أملاح حامضية (مشتقة من حوامض قوية وقواعد ضعيفة)

علل: محاليل الأملاح المشتقة من قواعد ضعيفة وحوامض قوية ذات صفة حامضية دائماً؟

ج: وذلك لأن الأيون الموجب الناتج من تفكك الملح (NH_4^+) يتفاعل مع أيونات OH^- لتكوين جزيئات NH_3 غير متفككة وجزيئات H_2O ويستهلك هذا التفاعل أيون OH^- من وسط التفاعل ولذلك يزداد تأين H_2O إلى H^+ و OH^- لتعويض النقص الحاصل في تركيز أيون OH^- مما يؤدي إلى زيادة تركيز أيون H^+ في المحلول وبذلك يصبح المحلول حامضياً وتخلص المعادلات أعلاه كما يأتي:



قوانين الأملاح الحامضية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log C]$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w . C}{K_b}}$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

مثال (3-12): كم هي قيمة PH محلول كلوريد الأمونيوم تركيزه 0.2 mol/L؟ إذا علمت ان قيمة ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$. $\log 0.2 = -0.7$, $\log 1.8 = 0.26$

ج:

$PK_b = -\log K_b = 4.74$

$\log C = \log 0.2 = -0.7$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log C]$$

$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 - (-0.7)]$$

$$PH = 4.98$$

تمرين (3-11): احسب قيمة POH لمحلول نترات الأمونيوم علماً بأن $PK_b\ (NH_3) = 4.74$ وتركيز الملح هو 0.5M وهل المحلول حامضي أم قاعدي ولماذا علماً ان: $log0.5 = -0.3$؟

ج: حسب قوانين الاملاح يتم إيجاد PH أولاً ثم POH :

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log C] \qquad * \log C = \log 0.5 = -0.3$$

$$PH = \frac{14 - 4.74 - (-0.3)}{2}$$

$$PH = \frac{9.26 + 0.3}{2} = \frac{9.56}{2}$$

$$\boxed{PH = 4.78} \Rightarrow \boxed{\begin{aligned} POH &= 14 - PH \\ &= 14 - 4.74 = 9.22 \end{aligned}}$$

المحلول حامضي لأن $PH < 7$

س (3-3): في المحاليل المائية للمواد التالية هل يكون المحلول حامضياً أو قاعدياً أو متعادلاً؟ ولماذا؟

أ. NH_4Cl (حامضي) (لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة).

ب. Na_2SO_4 (متعادل) (لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية).

جـ. CH_3COOK (قاعدي) (لأنه مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف).

د. CaF_2 (قاعدي).

هـ. $MgSO_4$ (متعادل).

و. KCl (متعادل).

س (3-16): احسب قيمة PH و $[OH^-]$ لمحاليل الأملاح التالية:

1. 0.1M سيانيد الصوديوم NaCN.

2. 0.25M نترات الأمونيوم NH_4NO_3 . $\log 1.8 = 0.26$, $\log 4.9 = 0.69$ $\sqrt[2]{1.38} = 1.17$

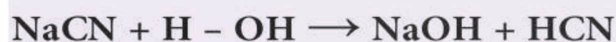
3. 0.5M نترات الصوديوم $NaNO_3$. $\log 0.25 = -0.6$

علماً بأن ثابت تفكك الأمونيا $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ و $K_a\ (HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$

ج: 1. الملح NaCN قاعدي:

$$PK_a = -\log K_a = -\log 4.9 \times 10^{-10}$$
$$= -(0.69 - 10) = 9.31$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + \log C]$$
$$= \frac{1}{2}[14 + 9.31 - 1]$$
$$= \frac{22.31}{2} = 11.155$$



$$NaCN + H - OH \longrightarrow NaOH + HCN$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w . K_a}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 4.9 \times 10^{-10}}{0.1}}$$

$$[H^+] = \sqrt{49 \times 10^{-24}} = 7 \times 10^{-12}\ M$$

$$K_w = [H^+]\ [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{7 \times 10^{-12}} = 0.134 \times 10^{-2}\ M$$

2. الملح نترات الامونيوم حامضي:

$$PK_b = -\log K_b$$
$$= -\log 1.8 \times 10^{-5}$$
$$= -(0.26 - 5)$$
$$= 4.74$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log C]$$
$$= \frac{14 - 4.74 + 0.6}{2}$$
$$= \frac{9.86}{2} = 4.93$$

$$[H^+] = = \sqrt{\frac{K_w . C}{K_b}} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 0.25}{1.8 \times 10^{-5}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{1.38 \times 10^{-10}} = 1.17 \times 10^{-5}$$

$$[OH] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.17 \times 10^{-5}} = 0.85 \times 10^{-9}$$

3. $PH = 7$ $[OH^-] = 10^{-7}\ M$ لأن الملح متعادل

سؤال خارجي: احسب ثابت التحلل المائي لملح ايثوكسيد الصوديوم C_2H_5ONa ذو تركيز 0.1M إذا علمت أن PH المحلول يساوي 10؟

ج:

$[H^+]\ 10^{-PH} = 10^{-10}$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w.K_a}{C}}$$

$$10^{-10} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times K_a}{0.1}}$$ بالجذر التربيعي للطرفين

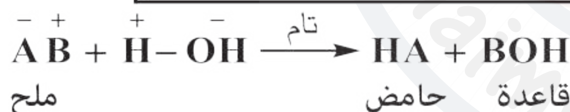
$K_a = 10^{-7}$

$$Kh = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{-7}$$

خلاصة الاملاح التامة Salt

عند وجود المقاطع (آت أو يت أو يد) في اسم المركب فهذا يدل على انه ملح.

ملح حامضي	ملح قاعدي
1. ملح + K_b	1. ملح + K_w
2. PH < 7 اصغر من 7 . ملح	2. PH > 7 اكبر من 7 . ملح
3. ملح عضوي.	3. ملح يحتوي اسمه على لفظ امونيا.



$$\overset{-}{A}\overset{+}{B} + \overset{+}{H}-\overset{-}{OH} \xrightarrow{\text{تام}} HA + BOH$$

ملح حامض قاعدة

الأيون المشترك: هو عبارة عن أيون يشترك وجوده في معادلتين تمثل الاولى معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف ($\rightleftharpoons$) والثانية تمثل معادلة تفكك الألكتروليت القوي (**ملح تام الذوبان** $\longrightarrow$).

تأثير الأيون المشترك: هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف الناتجة عن وجود الكتروليت قوي يحوي أحد أيونات الالكتروليت الضعيف في نفس المحلول وهي حالة خاصة من قاعدة لو-شاتليه..

انتبه:

1- في هذا الموضوع يكون في المحلول المائي الكتروليت ضعيف ناتج عن تفكك الأيونات المكونة له ويضاف له الكتروليت قوي يحوي أحد أيونات الألكتروليت الضعيف وهذا ما يسمى بالأيون المشترك.

2- **علل:** يؤدي وجود الايون المشترك إلى إخلال الإتزان؟

ج: بسبب زيادة تركيز الأيون المشترك في المحلول وبالتالي يجعل التفاعل الانعكاسي للالكتروليت الضعيف يتجه نحو المتفاعلات للوصول الى حالة اتزان جديدة حسب قاعدة لو-شاتليه.

طريقة حل مسائل الأيون المشترك

هو عبارة عن إضافة الكتروليت قوي (تام الذوبان ⟵) إلى:

حامض ضعيف — **قاعدة ضعيفة** — **ملح شحيح**

ويكون المطلوب في السؤال دراسة التأثير (التغير) الذي تحدثه إضافة هذا الملح إلى الالكتروليتات الضعيفة اعلاه على تركيز $[H^+]$ أو تركيز $[OH^-]$ الناتج منها أو ذوبانية الملح الشحيح (S) أو درجة تأين أو حتى على (PH) المحلول. لذا يحل هذا النوع من الاسئلة بخطوتين:

الخطوة الأولى (قبل الإضافة): يتم حل السؤال حسب الخطوات مذكورة سابقاً لإيجاد المطلوب من دليل الضعيف.

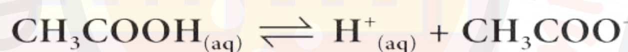
الخطوة الثانية (بعد الإضافة): أ. تتم كتابة معادلات تفكك الالكتروليت الضعيف والالكتروليت القوي المضاف ثم تكتب التراكيز اسفل كل معادلة.

ب. يتم تحديد الأيون المشترك حيث يحسب تركيزه بدلالة التركيز الناتج من الملح تام الذوبان فقط اما تركيزه في الالكتروليت الضعيف يهمل ثم يعوض في القوانين المستخدمة حسب المطلوب.



مثال (13-3): ما التأثير الذي تحدثه إضافة 8.2g (0.1 mole) من ملح خلات الصوديوم CH_3COONa إلى لتر واحد من محلول حامض الخليك بتركيز (0.1 mol/L) على تركيز أيون H^+ عند درجة حرارة 25C°؟ علماً بأن: $K_a\ (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$

ج: اولاً:



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-$$

0.1 - x	x	x

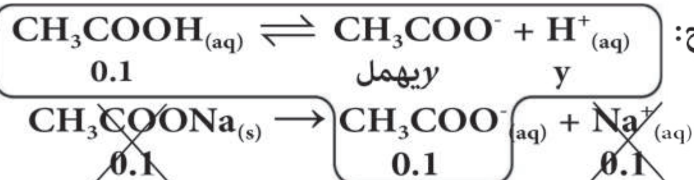
$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.1-x}$$

$$X^2 = (0.1)\ (1.8 \times 10^{-5}) \Rightarrow 1.8 \times 10^{-6}$$

$$[H^+] = x = 1.3 \times 10^{-6}$$

ثانياً: يتم ايجاد تركيز $[H^+]$ بعد إضافة الملح:



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+_{(aq)}$$

0.1 — يهمل y — y

$$CH_3COONa_{(s)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

0.1 — 0.1 — 0.1

$[CH_3COO^-] = 0.1 + Y$ تهمل لأنها مقدار صغير ناتج من تفكك الحامض الضعيف.

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \longrightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{(y)(0.1)}{(0.1)}$$

$$Y = 1.8 \times 10^{-5}\ mol = [H^+]$$

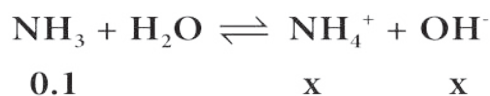
نلاحظ ان تفكك الحامض الضعيف يقل بعد إضافة الملح التام الذوبان بسبب وجود أيون مشترك واتجاه التفاعل الانعكاسي نحو الخلف حسب قاعدة لو-شاتليه.

تمرين (3-12): ما هو التأثير الناتج من إضافة 26.75g (0.5 mole) من ملح كلوريد الامونيوم إلى لتر واحد من محلول الأمونيا بتركيز 0.1M على درجة تفكك القاعدة (NH_3)؟ إذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b\ (NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

ج: أ. يتم ايجاد درجة تأين القاعدة قبل إضافة الملح:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.1 x x


عند الاتزان

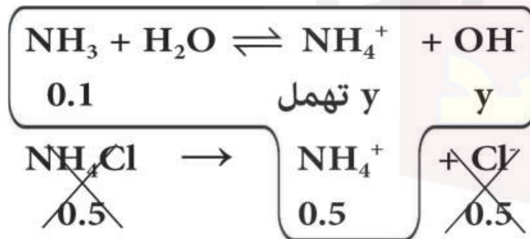
$$\text{درجة تفكك القاعدة} = \frac{[OH^-]}{[NH_3]} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 13 \times 10^{-3}$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1} \longrightarrow x^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$ بالجذر التربيعي للطرفين

$$X = [H^+] = 1.3 \times 10^{-3}\ M$$

بـ. يتم ايجاد درجة تفكك القاعدة بعد إضافة الملح



$$\text{درجة تفكك القاعدة} = \frac{[OH^-]}{[NH_3]} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 36 \times 10^{-6}$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \longrightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{0.5(y)}{0.1}$$

$Y = 3.6 \times 10^{-6}$ اذن تقل درجة التأين بعد الاضافة

انتبه: مهم

$$M_2 = [\text{الالكتروليت القوي المخفف}] = [\text{الايون المشترك}]$$

المحاليل المنظمة (محاليل بفر)

محلول بفر: هو محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع أحد أملاحه أو قاعدة ضعيفة مع أحد أملاحها ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة التغير في الاس الهيدروجيني (PH) عند إضافة كمية صغيرة من حامض قوي أو قاعدة قوية اليه.

سؤال خارجي: مم تتكون محاليل البفر (المحاليل المنظمة)؟

ج: تتكون محاليل البفر عادةً من مكونين اثنين أحدهما يمكنه التفاعل مع الحامض القوي المضاف للمحلول ويعادله. والمكون الثاني يمكنه التفاعل مع القاعدة القوية المضافة ويعادلها. وبذلك يكون للمحلول فعل البفر.

سؤال خارجي: كيف يحضر محلول بفر؟

ج: يحضر هذا النوع من المحاليل عادةً بمزج حامض ضعيف مع أحد الأملاح المشتقة منه مثل حامض الخليك CH_3COONa مع خلات الصوديوم CH_3COONa.
أو من قاعدة ضعيفة مع أحد الأملاح المشتقة منها مثل الأمونيا NH_3 مع كلوريد الأمونيوم NH_4Cl.

قوانين بفر قبل اضافة القوي

1- حامض ضعيف وملحه (بفر الحامضي)

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

2- قاعدة ضعيفة وملحها (بفر القاعدي)

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

أهمية محلول بفر (فعل بفر) بعد الاضافة

مقاومة التغير في PH محلوله عند إضافة كميه صغيرة (V_1 قليل ، M_1 عالي) من حامض قوي أو قاعدة قوية إليه.

خطوات حل مسائل بفر بعد إضافة القوي

1- يتم إيجاد تركيز القوي بعد الإضافة (M_2) إلى بفر باستخدام قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$.

2- يتم إيجاد تركيز الجزء الفعال الناتج من تأين القوي المخفف ثم يعوض في قانون بفر حسب نوعه.

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

ملاحظة

عندما يهمل حجم القوي المضاف إلى بفر في السؤال فهذا يدل على أن تركيزه الموجود في السؤال يمثل التركيز بعد الإضافة $(M_1 = M_2)$.

مسائل بفر قبل الاضافة

مثال (3-14): احسب تركيز أيون H^+ و PH لمحلول مكون من مزيج من 0.1M حامض الخليك و 0.2M خلات الصوديوم علماً بأن: $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$؟

$\log2 = 0.3$, $\log1.8 = 0.26$

ج:

$$[H^+] = K_a \times \frac{[s]}{[a]} = [H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.2]}{[0.1]} = 9 \times 10^{-6}$$

$$PH = PK + \log\frac{salt}{acid}$$

$$PH = 4.74 + \log\frac{0.2}{0.1}$$

$$PH = 5.04$$

مثال: احسب PH محلول مكون من الأمونيا يتركز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.2M علماً بأن:

$PK_b = 4.74 \qquad \log 2 = 0.3$

ج: المحلول أعلاه بفر قاعدي:

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[B]}$$

لذا يتم حساب POH أولاً ثم نحسب الـ PH

$$POH = 4.74 + \log\frac{0.2}{0.1}$$

$POH = 4.74 + 0.3$

$POH = 5.04$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$= 14 - 5.04$

$PH = 8.96$

تمرين (3-13): احسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH) لمحلول يحتوي على NH_3 بتركيز 0.15mol/L و NH_4Cl بتركيز 0.3mol/L؟ علماً بأن $PK_b = 4.74$؟ ثم قارن النتيجة مع قيمة PH محلول الأمونيا بتركيز 0.15M وثابت تفكك الأمونيا $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ $\qquad \sqrt[2]{2.7} = 1.6$

ج:

المحلول أعلاه بفر قاعدي:

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[B]}$$

لذا يتم حساب POH أولاً ثم نحسب الـ PH

$$POH = 4.74 + \log\frac{0.3}{0.15}$$

$POH = 4.74 + 0.3$

$POH = 5.04$

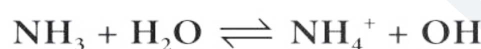
$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$= 14 - 5.04$

$PH = 8.96$

بفر PH > PH محلول الامونيا



$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-15} = \frac{x^2}{0.15}$$

$X^2 = 0.27 \times 10^{-3}$

$= 2.7 \times 10^{-6}$ بالجذر التربيعي للطرفين

$X = 1.6 \times 10^{-3}$

$POH = -\log[OH^-]$

$= -\log 1.6 \times 10^{-3}$

$= -0.2 + 3 = 2.8$

$PH = 14 - POH$

$= 14 - 2.8 = 11.2$

خارجي وزاري: احسب PH لمحلول يحتوي على حامض الخليك بتركيز 0.18 وخلات الصوديوم بتركيز 0.3 ثم قارن النتيجة مع PH لحامض الخليك بتركيز 0.18 علماً ان: $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $\log 1.66 = 0.22$.

ج: $PH = 4.96$ بفر

$PH = 1.74$ الامونيا

خارجي وزاري: اذا علمت ان النسبة المئوية لتفكك 0.1M حامض الهايدروسيانيك HCN = 0.01%. فما قيمة PH المحلول عند اضافة 0.2M سيانيد البوتاسيوم KCN اليه؟ علماً ان: $\log 2 = 0.3$

ج: $PH = 9.3$

مثال (3-15): ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم NH_4Cl في محلول يحتوي على أمونيا $(PK_b = 4.74)$ بتركيز $0.1M$ لتكون قيمة $PH = 9.0$؟ علماً بأن $log1.82 = 0.26$

ج: بما ان المحلول يحتوي على قاعدة ضعيفة NH_3 وملحها المشتق NH_4Cl اذن المحلول بفر (نطبق قانون POH للقاعدة) ولكن يجب أولاً ايجاد POH؟

$$PH + POH = 14 \longrightarrow POH = 14 - PH$$

$$POH = 14 - 9 \longrightarrow POH = 5$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \longrightarrow 5 = 4.47 + \log\frac{[salt]}{0.1}$$

$$\log\frac{[salt]}{0.1} = 5.00 - 4.74 \longrightarrow \log\frac{[salt]}{0.1} = 0.26$$

$$\frac{[salt]}{0.1} = 1.82 \longrightarrow [salt] = 0.1 \times 1.82 = 0.182\ mol/L$$

تمرين (3-14): ما تركيز حامض الخليك $[acid]$ في محلول يحوي إضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز $0.3mol/L$ إذا علمت ان قيمة $PH = 4.31$ علماً بأن:

$Log1.8 = 0.26$, $log0.37 = -0.43$ $\quad K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

ج: $[acid] = 0.81\ M$

س (3-12): احسب كتلة ملح خلات الصوديوم $(M = 82\ g/mol)$ اللازم إضافتها إلى لتر واحد من محلول 0.125M حامض الخليك للحصول على محلول بفرتكون قيمة الـ PH له تساوي 4.74 (افترض ان اضافة الملح لا تؤدي إلى تغير الحجم) علماً بأن ثابت تفكك حامض الخليك $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

ج:

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \qquad PK_a = -\log K_a = 4.74$$

$$4.74 = 4.74 + \log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$0 = \log\frac{[salt]}{0.125} \Rightarrow \cancel{\log}\ 1 = \cancel{\log}\frac{[salt]}{0.125}$$

$$\frac{[salt]}{0.125} = 1 \longrightarrow [salt] = 0.125M$$

$$m\ (salt) = 0.125\ mol \times 82\ g/mol \times 1L = \boxed{10.25\ g}$$

س 3-14: وزاري: اذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو $PH = 9$ من مزج NH_3 مع NH_4Cl. كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ ؟ علماً بأن $PK_b = 4.74$ ، $\log 1.8 = 0.26$.

ج: محلول بفر أعلاه قاعدي:

$$POH = 14 - PH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$5 = 4.74 + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$5 - 4.74 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$0.26 - \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$\cancel{\log}\ 1.8 = \cancel{\log}\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$\boxed{\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 1.8}$$

س (3-18): وزاري: احسب كتلة كلوريد الأمونيوم $(M = 53.5\ g/mol)$ الواجب إضافتها إلى 500 mL من محلول 0.15M للأمونيا لجعل PH المحلول يساوي 9.0 علماً بأن ثابت تفكك الأمونيا $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟ $\log 1.8 = 0.26$

ج: 7.22g

مسائل بفر بعد الإضافة

مثال (3-16): احسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH) بعد إضافة (1mL) من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه 10M إلى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1M وخلات الصوديوم بتركيز 0.1M

(**ملاحظة:** أهمل التغير الحاصل في حجم المطول بعد إضافة الحامض القوي أو القاعدة القوية عند حل المثال)

علماً بأن $(PK_a = 4.74)$؟ علماً بأن $(\log 0.82 = -0.08)$

ج: المزيج البفري مكون من حامض الخليك وخلات الصوديوم كما في المعادلات التالية:

يتم إيجاد تركيز الحامض القوي بعد الإضافة:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \qquad HCl$$

$$(10M) \times \frac{1ML}{1000} = M_2 \times 1L \longrightarrow M_2 = \frac{0.01M.L}{1L} = 0.01M = [HCl]_{\text{بعد الاضافة}}$$

$[H^+] = [HCl] = 0.01M$ لأن HCl حامض قوي أحادي البروتون

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74 + \log \frac{(0.1-0.01)}{(0.1+0.01)}$$

$$PH = 4.74 + \log \frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + \log 0.82$$

$$PH = 4.74 + (-0.08)$$

$$PH = 4.66$$

تمرين (3-15): احسب مقدار التغير في الاس الهيدروجيني (PH)

أ. للتر من المحلول بفر مكون من الأمونيا بتركيز 0.5M وكلوريد الأمونيوم بتركيز 0.1M؟

ب. لنفس محلول البفر لكن بعد اضافة 1mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 10M؟ ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة PH وناقش النتيجة علماً بأن $PK_b = 4.74$. (أهمل التغير يحصل في حجم المحلول بعد إضافة الحامض القوي أو القاعدة القوية)؟ علماً بأن: $\log 2 = 0.3$، $\log 3 = 0.477$.

ج: أ. المحلول هو بفر قاعدي:

$$POH = PK_b + \log\frac{[s]}{[B]}$$

$$POH = 4.74 + \log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74 \Rightarrow \begin{array}{|l|}\hline PH = 14 - POH \\ \quad = 14 - 4.74 \Rightarrow 9.26 \\ \hline\end{array}$$

ب. يتم يتحويل الحجم الى اللتر

$M_1V_1 = M_2V_2$ $\quad H_2SO_4$

$10 \times 0.001 = M_2 \times 1$

$M_2 = 0.01\ mol/L = [H_2SO_4]$ بعد التخفيف

$[H^+] = 2[H_2SO_4]$

$\quad = 2(0.01) = 0.02\ M$

$$POH = PK_b + \log\frac{[s]+[H^+]}{[B]-[H^+]}$$

$$= 4.74 + \log\frac{0.10+0.02}{0.10-0.02}$$

$$= 4.74 + \log\frac{0.12}{0.08}$$

$$= 4.74 + \log 3 - \log 2$$

$$= 4.47 + 0.477 - 0.3 \Rightarrow 4.74 + 0.177$$

$$POH = 4.92 \Rightarrow \begin{array}{|l|}\hline PH_2 = 14 - POH \\ \quad = 14 - 4.92 \Rightarrow 9.08 \\ \hline\end{array}$$

$$\begin{array}{|l|}\hline \Delta PH = PH_2 - PH_1 \\ \Delta PH = 9.08 - 9.26 \\ \Delta PH = -0.18 \\ \hline\end{array}$$

∴ بفر قاوم التغير في PH المحلول بعد اضافة الحامض القوي اليه.

سؤال خارجي: احسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH)

أ. للتر من المحلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1M وخلات الصوديوم بتركيز 0.1M؟

ب. لنفس محلول البفر لكن بعد إضافة 2mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 5M؟ ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة (PH) وناقش النتيجة، علماً بأن: $PK_a = 4.74$. (أهمل التغير الذي يحصل في حجم المحلول بعد إضافة الحامض القوي أو القاعدة القوية)؟

علماً بأن: $\log 1.2 = 0.08$, $\log 1 = 0$

ج: أ. المحلول أعلاه هو بفر الحامض

$$PH_1 = PK_a + \log \frac{[S]}{[a]}$$

$$= 4.74 + \log \frac{0.1}{0.1}$$

$$= 4.74$$

ب.

$M_1 V_1 = M_2 V_2$ NaOH

$5 \times 0.02 = M_2 \times 1$

$M_2 = 0.01$ mol/L $= [NaOH] = [OH^-]$

لأن القاعدة قوية أحادية الـ OH

$$PH_2 = PK_a + \log \frac{[S] + [OH^-]}{[a] - [OH^-]}$$

$$PH_2 = 4.74 + \log \frac{0.1 + 0.01}{0.1 - 0.01}$$

$$= 4.74 + \log 1.2$$

$$= 4.82$$

$$\Delta PH = PH_1 - PH_2$$

$$= 4.82 - 4.74$$

$$= 0.08$$

إذن بفر قاوم التغير في PH المحلول بعد إضافة القاعدة القوية إليه

أ.خالد الدليمي 07813351668

سؤال خارجي: وزاري: احسب PH محلول قبل وبعد إضافة 1mL من H_2SO_4 بتركيز 10M الى لتر من محلول بفر مكون من الأمونيا NH_3 وكلوريد الامونيوم NH_4Cl تركيز كلاً منها 0.1M علماً بأن $PK_b = 4.74$ ثم احسب مقدار التغير في PH المحلول وناقش النتيجة (ملاحظة: أهمل التغير الحاصل في حجم المحلول بعد الإضافة) , $log3 = 0.477$

$log2 = 0.3$

ج:



سؤال خارجي: وزاري: احسب مقدار التغير في PH المحلول بعد إضافة 0.01M من حامض الكبريتيك H_2SO_4 الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك CH_3COONa تركيز كل منهما 0.1M علماً بأن: $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

$\log 1.8 = 0.26$, $\log 3 = 0.477$, $\log 2 = 0.3$

ج:

المطلوب بالسؤال حساب ΔPH

اذن يتم ايجاد PH_1 و PH_2

قبل الاضافة

$$PH_1 = PK_a + \log \frac{[S]}{[a]}$$

$$PH_1 = 4.74 + \log \frac{0.1}{0.1}$$

$$= 4.74$$

بعد الاضافة

$$[H^+] = [H_2SO_4] \times H^+$$ عدد أيونات

$$= 0.01 \times 2$$

$$= 0.02\ M$$

لأن الحامض قوي ثنائي البروتون

$$PH_2 = PK_a + \log \frac{[S]-[H^+]}{[a]+[H^+]}$$

$$= 4.74 + \log \frac{0.1-0.02}{0.1+0.02}$$

$$PH_2 = 4.74 + \log \frac{0.08}{0.12}$$

$$= 4.74 + \log 2 - \log 3$$

$$PH_2 = 4.74 + 0.3 - 0.477$$

$$= 4.563$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$= 4.563 - 4.74$$

$$= -0.177$$

انتبه: بعد الاضافة لا يوجد تخفيف

س (3-13): وزاري:

أ. ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز (HNO_2) $K_a(HNO_2) = 4.5 \times 10^{-4}$ بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M؟

ب. احسب قيمة PH المحلول الناتج بعد إضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم ($M = 40$ g/mol) الى لتر واحد من محلول بفر؟

$\log 4.5 = 0.65$, $\log 1.25 = 0.097$, $\log 1.82 = 0.26$

ج:

$$PK_a = -\log K_a$$
$$= -\log 4.5 \times 10^{-4} = -(0.65 - 4)$$
$$= 3.35$$

أ. المحلول أعلاه هو بفر الحامضي

$$PH = PK_a + \log\frac{[S]}{[a]}$$
$$PH = 3.35 + \log\frac{0.15}{0.12}$$
$$= 3.35 + \log 1.25$$
$$= 3.35 + 0.097$$
$$= 3.447$$

ب. انتبه: بعد الاضافة لا يوجد تخفيف

$$[NaOH] = \frac{m}{M.V} = \frac{1}{40\times1} = 0.025M = [OH^-]$$

لأن القاعدة قوية احادية الهيدروكسيد

$$PH = PK_a + \log\frac{[S]+[OH^-]}{[a]-[OH^-]}$$
$$= 3.35 + \log\frac{0.15+0.025}{0.12-0.025}$$
$$PH = 3.35 + \log\frac{0.175}{0.095}$$
$$= 3.35 + \log 1.82$$
$$= 3.35 + 0.26 = 3.61$$

مسائل التعادل

(تفاعل حامض مع قاعدة):

كيفية حل مسائل التعادل

1- يتم إيجاد تركيز كل من الحامض والقاعدة بعد المزج (التخفيف) باستخدام القانون $M_1V_1 = M_2V_2$ (نظيف القانون مرتين) .

2- نكتب معادلة التفاعل:

قاعدة + حامض $\xrightarrow{\text{تام}}$ ماء + ملح

ثم نعوض التراكيز (M_2) اسفل المعادلة كتراكيز ابتدائية (قيم النواتج صفر) .

3- التفاعل التام يمر بثلاث مراحل (بداية التفاعل و التغير (استهلاك تام) . نهاية التفاعل.

4- يتم إيجاد المطلوب (PH) حسب ما يظهر في السؤال في **نهاية التفاعل**.



س (3-23): عند إضافة 25mL من 0.2M محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH الى 50mL من 0.1M محلول حامض الخليك ماذا ستكون قيمة الاس الهيدروجيني (PH) للمحلول الناتج؟ علماً بأن: $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $\log 0.066 = -1.18$

ج: عند اضافة (تفاعل) حامض الى قاعدة فالتفاعل (تعادل)

لـ CH_3COOH

$M_1\ V_1 = M_2\ V_2$

$0.1 \times 50 = M_2 \times 75$

$M_2 = 0.066\ mol/L$

لـ NaOH

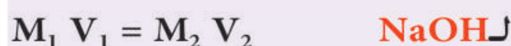
$M_1\ V_1 = M_2\ V_2$

$0.2 \times 25 = M_2 \times 75$

$M_2 = 0.066\ mol/L = [NaOH]$

$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$

CH_3COOH	$NaOH$	CH_3COONa	H_2O
0.066	0.066	0	يهمل
−0.066	−0.066	+0.066	
صفر	صفر	0.066 M $[CH_3COONa]$ ملح قاعدي	





$$PH = \frac{[PK_w + PK_a + \log c]}{2} = \frac{14+4.7\ \ 4-1.18}{2} = 8.78$$

س (3-22): كم ستكون قيمة PH المحلول الناتج من مزج 20mL من 0.2M هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع 50mL من 0.1M حامض الخليك CH_3COOH؟ إذا علمت ان: $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$؟ علماً بأن: log4 = 0.6

ج:

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

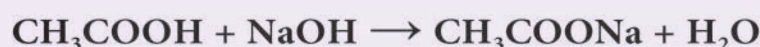
$0.2 \times 20 = M_2 \times 70 \longrightarrow M_2 = 0.057$ mol/L

$M_1 V_1 = M_2 V_2$ لـ CH_3COOH

$0.1 \times 50 = M_2 \times 70 \longrightarrow M_2 = 0.071$ mol/L

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

CH_3COOH	$NaOH$	CH_3COONa	H_2O
0.071	0.057	0	0
-0.057	-0.057	+0.057	

نهاية التفاعل 

بفر	0.014	0	0.057

$$PH = PK_a + \log \frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]} \longrightarrow PH = 5.34$$



س (3-24): احسب قيمة الـ PH لمحلول ناتج من مزج 26mL من 0.2M هيدروكسيد الصوديوم مع 50mL من 0.1M حامض الهيدروكلوريك HCl؟

ج:

$M_1 V_1 = M_2 V_2$ لـ NaOH

$0.2 \times 26 = M_2 \times 76$

$M_2 = 0.068$ mol/L

$M_1 V_1 = M_2 V_2$ لـ HCl

$0.1 \times 50 = M_2 \times 76$

$M_2 = 0.066$ mol/L

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

HCl	$NaOH$	$NaCl$	H_2O
0.066	0.068	0	0
-0.066	-0.066	+0.066	

نهاية التفاعل 

0	0.002	0.066

$[OH^-] = [NaOH] = 0.002$

$POH = -\log[OH^-] = -\log 2 \times 10^{-3}$

$POH = 2.7$

$PH = 14 - 2.7 = 11.3$

س (3-6): ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة بإضافة 10mL من HCl تركيزه 0.1M الى:

1. 10mL من NaOH تركيزه 0.1M. ج: PH = 7
2. 15mL من NaOH تركيزه 0.1M. ج: PH = 12.3
3. 10mL من NH_3 تركيزه 0.1M. ج: PH = 5.28
4. 15mL من NH_3 تركيزه 0.1M. ج: PH = 8.96

علماً ان ثابت تفكك الأمونيا 1.8×10^{-5} و $\log 1.8 = 0.26$ و $\log 5 = 0.7$ و $\log 2 = 0.3$

أ.خالد الدليمي 07813351668

الأملاح شحيحة الذوبان

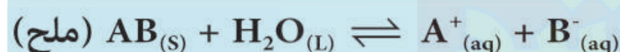
الذوبانية المولارية S وثابت حاصل الذوبان (K_{SP})

سؤال خارجي: علام تعتمد قابلية ذوبان الأملاح الشحيحة؟

ج: تعتمد قابلية ذوبان (الأملاح) في الماء على:

1. الفرق في مقدار الطاقة اللازمة لكسر الأواصر الرابطة بين الأيونات المكونة للملح.
2. مقدار ما ينتج من طاقة نتيجة لانتشار هذه الأيونات في الماء وتميؤها.

وعلى هذا الأساس تختلف المواد في قابلية ذوبانها في الماء، هنالك مواد قابلة الذوبان (كثيرة الذوبان) في الماء وهنالك مواد أخرى شحيحة الذوبان (قليلة الذوبان) في الماء وتخضع عملية ذوبانها الى حالة اتزان تنشأ بين الجزء الصلب (الملح غير المتفكك أو غير الذائب) وبين الايونات الناتجة من تفكك هذا الملح حيث يدعى المحلول الناتج بالمحلول المشبع للمادة (للملح) ويمكن وصف عملية ذوبان مركب أيوني صلب (AB) شحيح الذوبان في الماء كما يأتي:



$$AB_{(S)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons A^{+}_{(aq)} + B^{-}_{(aq)}$$ (ملح)

K_{SP} يدعى ثابت حاصل الذوبان وهو قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة.

$$K_{SP} = [A^+]\,[B^-]$$

حيث يستعمل K_{SP} للتعبير عن مقدار ذوبانية الأملاح الشحيحة الذوبان في الماء حيث تتناسب ذوبانية المركب (الملح) طردياً مع قيمة ثابت حاصل الذوبان.

الذوبانية المولارية S

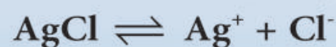
(الذوبانية المولارية): هي عدد مولات المادة التي تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع للملح الشحيح عند الإتزان

$$S = \frac{n}{V} = \frac{m}{M.V}$$

$$S = mg/L = S.Mg/mol$$

ثابت المولارية حاصل الذوبان K_{SP}

هو حاصل ضرب التراكيز المولارية (عند الاتزان) للأيونات الناتجة من تفكك الملح الشحيح الذوبان كلاً منها مرفوع إلى اس يساوي عدد المولات لهذه الايونات في المعادلة الكيميائية الموزونة.



$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

nS nS nS

$$K_{SP} = [Ag^+]\,[Cl^-]$$

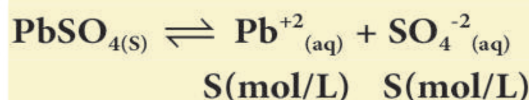
$$K_{SP} = S^2$$

مثال (3-17): ما هي الذوبانية المولارية لملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ إذا علمت ان ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{SP} = 1.6 \times 10^{-8}$ ، $\sqrt{1.6} = 1.26$

ج: **أولاً:** نكتب معادلة ذوبان ملح $PbSO_4$

ثانياً: نفرض ان الذوبانية المولارية لملح $PbSO_4$ تساوي $S\ mol/L$

$S = [Pb^{+2}]$ و $S = [SO_4^{-2}]$ فتكون المعادلة كالآتي:



$$PbSO_{4(S)} \rightleftharpoons Pb^{+2}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$

S(mol/L) S(mol/L)

$$K_{SP} = [Pb^{+2}]\,[SO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = S \times S$$

$$K_{SP} = S^2$$

$1.6 \times 10^{-8} = S^2$ بجذر الطرفين

$$S = \sqrt{1.6 \times 10^{-8}}$$

$$S = 1.26 \times 10^{-4}\ (mol/L)$$

مثال (3-18): احسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم $BaSO_4$ اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المائي المشبع يحوي $0.0025g$ من ملح $BaSO_4$ الذائب؟

علماً بأن: $M(BaSO_4) = 233g/mol$

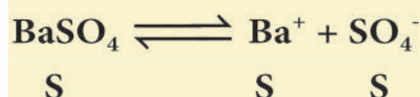
ج:

$$S = \frac{m}{M.V}$$

$$= \frac{0.0025\ g/L}{233 \times 1L}$$

$$S = 1.1 \times 10^{-5}$$

تعوض في قانون K_{SP}



$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+} + SO_4^{-}$$

S S S

عند الاتزان

$$K_{SP} = [Ba^{+2}]\,[SO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = S^2$$

$$K_{SP} = (1.1 \times 10^{-5})^2$$

$$K_{SP} = 1.2 \times 10^{-10}$$

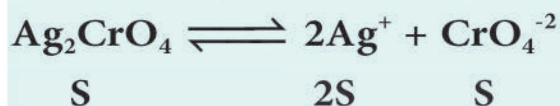
أ.خالد الدليمي 07813351668

تمرين (3-16): إذا علمت ان لتراً واحداً من المحلول المشبع لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332\ g/mol)$ يحوي $0.0215g$ من الملح؟

احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح؟

ج:

$$S = \frac{m}{M.V} = \frac{0.0215}{332 \times 1} = \frac{215 \times 10^{-4}}{332} = 65 \times 10^{-6}$$



$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+} + CrO_4^{-2}$$

$$S \qquad 2S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^{+}]\ [CrO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = (2S)^2\ (S)$$

$$K_{SP} = 4S^3$$

$$K_{SP} = 4\ (65 \times 10^{-6})^3$$

$$= 1.09 \times 10^{-12}$$

تمرين (3-17): احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة (g/L) لملح كلوريد الفضة $AgCl$ $(M = 143.5g/mol)$ في محلوله عند حالة الاتزان

إذا علمت: $K_{SP} = 1.8 \times 10^{-10}$ ، $\sqrt{1.8} = 1.34$

ج:



$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

$$K_{SP} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$$

$$1.8 \times 10^{-10} = S^2$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$S = 1.34 \times 10^{-5}\ M$$

$$m_{g/L} = S_{mol/L} \times M_{g/mol}$$

$$m_{g/L} = 1.34 \times 10^{-5} \times 143.5$$

$$M_{g/L} = 192.3 \times 10^{-3}$$

مثال (3-19): إذا علمت أن تركيز أيون الفلوريد F^- في محلول يساوي $2\times10^{-2}M$ احسب أدنى تركيز من أيون الكالسيوم يكون لازماً وجوده في المحلول لبدء ترسب ملح فلوريد الكالسيوم CaF_2



$(K_{SP} = 4.9\times10^{-11})$

ج: نكتب معادلة كيميائية موزونة لتفكك ملح فلوريد الكالسيوم. $CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$

تبدأ عملية الترسيب عندما يكون حاصل ضرب تركيز الايونات للراسب اكبر من K_{SP}

$$K_{SP} = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

$$4.9\times10^{-11} = [Ca^{+2}][2\times10^{-2}]^2$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{4.9\times10^{-11}}{4\times10^{-4}}$$

$$[Ca^{+2}] = 1.23\times10^{-7}$$

ما هي العوامل المؤثرة على الذوبانية؟؟

- تأثير الاس الهيدروجيني PH (تقل الذوبانية بزيادة PH).
- تأثير الايون المشترك (تقل الذوبانية بوجود الايون المشترك).
- تأثير درجة الحرارة (التناسب بينهما طردي)

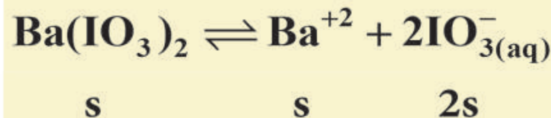
أ.خالد الدليمي 07813351668

مثال (3-20): ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $(K_{SP} = 1.57\times10^{-9})$:

أ. في الماء النقي. $\sqrt[3]{0.39} = 0.73$

بـ. في محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 بتركيز 0.02 mol/L ثم قارن النتائج؟

ج: أ. نكتب معادلة كيميائية موزونة لذوبان ملح $Ba(IO_3)_2$ تمثل ذوبان الملح في الماء.



$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO^-_{3(aq)}$$

$$s \qquad s \qquad 2s$$

عند الاتزان

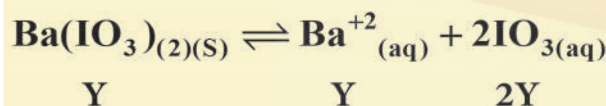
$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2$$

$$K_{SP} = S\times(2S)^2$$

$$1.57\times10^{-9} = 4S^3 \rightarrow S^3 = \frac{1.57\times10^{-9}}{4} = 0.39\times10^{-9}$$

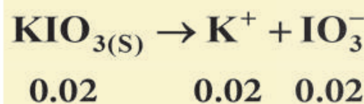
$$S = 0.73\times10^{-3}$$

بـ. نفرض أن y = الذوبانية المولارية $Ba(IO_3)_2$ في محلول KIO_3 الذي تركيزه 0.02M (الكتروليت قوي) فتكون المعادلة كالآتي:



$$Ba(IO_3)_{(2)(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}{}_{(aq)} + 2IO_{3(aq)}$$

$$Y \qquad Y \qquad 2Y$$



$$KIO_{3(S)} \rightarrow K^+ + IO_3^-$$

$$0.02 \qquad 0.02 \qquad 0.02$$

$$K_{SP} = [Ba^+][IO_3^-]^2$$

$$K_{SP} = [Y][0.02+2Y]^2$$

$$1.57\times10^{-9} = Y(0.02)^2$$

$$Y = \frac{1.57\times10^{-9}}{0.0004}$$

$$Y = 3.9\times10^{-7}\, mol/L$$

المقارنة $= \frac{s}{y} = \frac{7.3\times10^{-4}}{3.9\times10^{-4}} = 187$

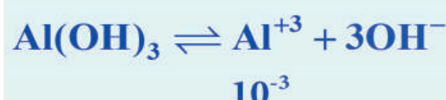
نلاحظ أن ذوبانية الملح الشحيح تقل بشكل كبير بعد إضافة الملح التام بسبب تكوين الأيون المشترك واتجاه التفاعل الانعكاسي نحو الخلف حسب قاعدة لو شاتليه.

تمرين (3-20): محلول حجمه لتر يحتوي 0.001mol من كل من أيونات Al^{+3} و Fe^{+3} أضيفت اليه كمية من NaOH بين رياضياً ايهما يترسب أولا $Al(OH)_3$ او $Fe(OH)_3$ ولماذا علماً ان:

$K_{SP\ Fe(OH)_3} = 5\times10^{-38}$ ، $\sqrt[3]{50} = 3.7$ ، $\sqrt[3]{350} = 7.04$ ، $K_{SP\ Al(OH)_3} = 3.5\times10^{-34}$

ج:

$[Al^{+3}] = [Fe^{+3}] = n = 10^{-3}$ لان الحجم لتر واحد

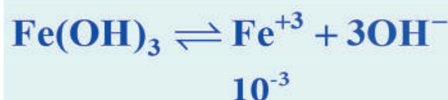


$$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{+3} + 3OH^-$$
$$10^{-3}$$



$$K_{SP} = [Al^{+3}][OH^-]^3$$
$$[OH^-]^3 = \frac{K_{SP}}{(Al^{+3})}$$
$$[OH^-]^3 = \frac{3.5\times10^{-34}}{(10^{-3})}$$
$$[OH^-]^3 = 3.5\times10^{-31}$$
$$[OH^-]^3 = 3.50\times10^{-31}$$
$$[OH^-]^3 = 350\times10^{-33}$$
$$[OH^-] = 7.04\times10^{-11}M$$





$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$
$$10^{-3}$$

$$K_{SP} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$
$$[OH^-]^3 = \frac{K_{SP}}{(Fe^{+3})}$$
$$[OH^-]^3 = \frac{5\times10^{-38}}{(10^{-3})}$$
$$[OH^-]^3 = 5\times10^{-35}$$
$$[OH^-]^3 = 50\times10^{-36}$$
$$[OH^-] = 3.7\times10^{-12}M$$



$Fe(OH)_3$ يترسب أولا لان تركيز OH فيه اقل.

تمرين (3-21): محلول من نترات الفضة $AgNO_3$ تركيزه 0.01M وحجمه 20mL اضيف الى 0.05M محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 حجمه 80mL بين هل تترسب كرومات الفضة Ag_2CrO_4. علماً ان: $K_{SP\ Ag_2CrO_4} = 1.1 \times 10^{-12}$.

ج: نحسب تركيز نترات الفضة الجديد بعد الإضافة

$$V_2 = V_{AgNO_3} + V_{K_2CrO_4}$$
$$V_2 = 20ml + 80ml = 100ml$$

$M_1V_{1(AgNO_3)}$ قبل الإضافة = M_2V_2 بعد الإضافة

$$0.01M \times 20ml = M_2 \times 100ml$$
$$M_2 = \frac{0.01M \times 20\,ml}{100\,ml} = \frac{0.2M}{100} = \frac{2M}{1000} = 0.002 = 2 \times 10^{-3}\,M$$



2×10^{-3}	0	0
0	2×10^{-3}	2×10^{-3}

نحسب تركيز كرومات البوتاسيوم الجديد بعد الإضافة

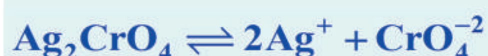
$M_1V_{1(K_2CrO_4)}$ قبل الإضافة = M_2V_2 بعد الإضافة

$$0.05M \times 80ml = M_2 \times 100ml$$
$$M_2 = \frac{0.05M \times 80\,ml}{100\,ml} = \frac{4M}{100} = 0.04 = 4 \times 10^{-2}\,M$$



4×10^{-2}	0	0
0	8×10^{-2}	4×10^{-2}

نجد الحاصل الايوني لـ Ag_2CrO_4



2×10^{-2} 4×10^{-2}

الحاصل الايوني = $[Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$

الحاصل الايوني = $[2 \times 10^{-3}]^2[4 \times 10^{-2}] = 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-2}$

الحاصل الايوني = 16×10^{-8}

$Q_{SP} > K_{SP}$ المحلول يترسب

تمرين (3-22): قيمة حاصل الإذابة لملح فلوريد المغنيسيوم MgF_2 $K_{SP} = 6.5 \times 10^{-9}$:

أ. احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي؟

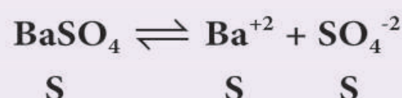
بـ. احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في محلول فلوريد الصوديوم NaF (الكتروليت قوي) تركيزه $(0.1\ mol/L)$ ثم قارن بين النتيجتين؟



ج: أ. $1.15 \times 10^{-3} M$ / بـ. 6.5×10^{-7} ، $\sqrt[3]{1.6} = 1.15$

س (3-15): ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علماً بأن $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-6}$ وما ذوبانيته بعد إضافة 1mL من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه $\sqrt[2]{1.6} = 1.26$.

ج: ذوبانية ملح $BaSO_4$ في الماء تمثل S :



$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
S S S

عند الاتزان

$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$

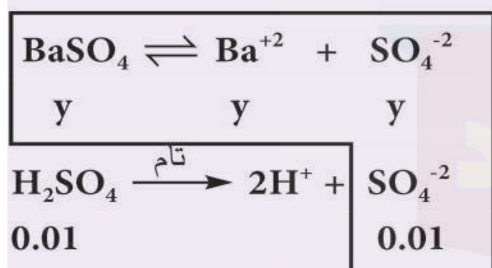
$K_{sp} = S^2 \Rightarrow 1.6 \times 10^{-10} = S^2$ بالجذر التربيعي للطرفين

$S = 1.26 \times 10^{-5}$ M ذوبانية الملح في الماء

الذوبانية للملح بوجود الايون المشترك تمثل y

$M_1V_1 = M_2V_2$ لـ H_2SO_4

$10 \times 0.001 = M_2 \times 1 \Rightarrow M_2 = 0.01$ mol/L



$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
y y y

$$H_2SO_4 \xrightarrow{\text{تام}} 2H^+ + SO_4^{-2}$$
0.01 0.01

$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$ مشترك

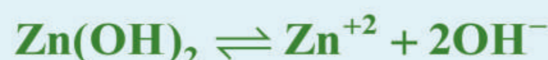
$$1.6\times10^{-10} = y(0.01) \Rightarrow y = \frac{1.6\times10^{-10}}{10^{-2}} = 1.6\times10^{-8} M$$

تأثير الاس الهيدروجيني PH

تعتمد ذوبانية الكثير من المواد على تركيز أيون (H^+) في المحلول. ومن أهم تلك المواد التي يشكل أيون الهيدروجين أو أيون الهيدروكسيد (OH^-) أحد مكوناتها $Mg(OH)_2$ هيدروكسيد المغنيسيوم حيث يتغير مقدار الذوبانية له مع تغير قيمة PH المحلول من خلال تأثير الأيون المشترك:



$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + 2HO^-_{(aq)}$$



$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$



$$Fe(OH)_2 \rightleftharpoons Fe^{+} + 2OH^-$$



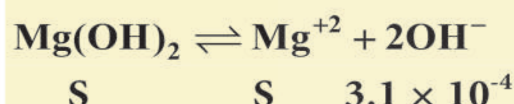
$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

مثال (3-21): احسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ $K_{SP} = 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبتت درجة حموضته عند $PH = 10.5$ ؟ علماً بأن $[H^+] = 10^{-10.5} = 3.2 \times 10^{-11}$. أو $\log 3.16 = 0.5$

ج:

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-10.5} = 3.2 \times 10^{-11}$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{3.2 \times 10^{-11}} = 3.1 \times 10^{-4} mol/l$$



$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$

$$S \qquad S \qquad 3.1 \times 10^{-4}$$

$$K_{SP} = S(3.1 \times 10^{-4})^2 \Rightarrow S = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{(3.1 \times 10^{-4})^2}$$

$$S = 1.9 \times 10^{-4} mol/l$$

تمرين (3-19): وزاري: ما هي أقل دالة حامضية (PH) لمحلول يحوي أيون الحديد (III) بتركيز يساوي 2×10^{-10} M التي إذا تم الوصول اليها أو تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد (III) بالظهور في المحلول علماً بأن K_{SP} لهيدروكسيد الحديد (III) يساوي 5×10^{-38} ، $\log 1.6 = 0.2$ ، $\sqrt[3]{250} = 6.3$

ج:



$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

$$K_{SP} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$5 \times 10^{-38} = (2 \times 10^{-10})[OH^-]^3 \rightarrow$$

$$[OH^-]^3 = 250 \times 10^{-30}$$ بالجذر التكعيبي

$$[OH^-] = 6.3 \times 10^{-10}$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6.3 \times 10^{-10}}$$

$$[H^+] = 1.6 \times 10^{-5} M$$

$$PH = -\log[H^+]$$

$$= -\log 1.6 \times 10^{-5}$$

$$PH = 4.8$$

تمرين (3-24): احسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلول ثبتت حامضيته عند:

أ. $PH = 6$ ب. $PH = 9$ إذا علمت أن $K_{SP(Zn(OH)_2)} = 1.2 \times 10^{-17}$ ثم ناقش النتائج؟

ب.	أ.
$POH = 14 - PH = 14 - 9 = 5$ $[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-5} M$ $Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$ $K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$ $[Zn^{+2}] = S = \frac{K_{SP}}{[OH^-]^2}$ $S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{10}} = 1.2 \times 10^{-7} M$ المناقشة $= \frac{0.12 \text{ عند } PH=6}{0.12 \times 10^{-6} \text{ عند } PH=9} = 10^6$ اذن تقل الذوبانية عند زيادة الـ PH بمقدار اكبر.	$POH = 14 - PH = 14 - 6 = 8$ $[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-8} M$ يعوض في قانون K_{SP} $Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$ $K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$ $[Zn^{+2}] = S = \frac{K_{SP}}{[OH^-]^2}$ $= 1.2 \times 10^{-1} = 0.12 M$

س (3-19): احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة (g/L) لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4

في: ($PK_{SP} = 4.92$ و $M = 314$ g/mol) $Log\ 1.2 = 0.08$

أ. الماء النقي (علماً ان $\sqrt[3]{3} = 1.44$) ب. محلول 0.15M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 .

س (3-20): ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332\ g/mol)$ التي يمكن أن تذوب في 100mL من الماء المقطر علماً بأن $K_{SP} = 1.1 \times 10^{-12}$ ؟ = 0.65

ج: لحساب كتلة أي مادة يجب معرفة تركيزها أولا (S) من قانون K_{SP} بعد ذلك نستخدم القانون:

$$M_{Ag_2CrO_4} = S.M_{g/mol} \times V_{(l)}$$

ج: $2.16 \times 10^{-3}\ g$



س (3-21): ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) يساوي 0.1M ؟ إذا علمت أن $K_{SP} = 1.2 \times 10^{-10}$ ؟

ج: 1.2×10^{-9} M

س (3-27): احسب الذوبانية المولارية S والذوبانية بدلالة (g/L) لهيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ إذا علمت أن M = 99.4 g/mol) ؟ $K_{SP} = 1.2 \times 10^{-17}$ ؟ $\sqrt[3]{3} = 1.44$

ج: $S = 1.44 \times 10^{-6}$

$m = 143.2 \times 10^{-6}$

لمعرفة هل يترسب الملح الشحيح في الماء ام لا

يجب معرفة Q_{SP} وما الآتي:

أ. $Q_{SP} > K_{SP}$ تبدأ عملية الترسيب

(وذلك باتحاد أيونات الراسب لتكوين جزيئاته غير المتفككة والتي تنفصل عن المحلول على شكل مادة صلبة راسبة) .

ب. $Q_{SP} < K_{SP}$ فتبدأ عملية الذوبان لجزيئات الراسب.

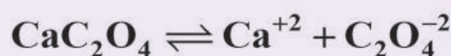
جـ. $Q_{SP} = K_{SP}$ فإن المحلول مشبع أي في حالة اتزان.

س (3-29): أن تركيز أيون الكالسيوم $(M = 40\ g/mol)$ في بلازما الدم يساوي $(0.1\ g/L)$ فإذا كان تركيز أيون الاوكزالات فيه يساوي 1×10^{-7} هل نتوقع أن تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 $(PK_{SP} = 8.64)$ ؟ $\log 2.3 = 0.36$

ج:

$$[Ca^{+2}] = \frac{m_{\frac{g}{l}}}{M_{\frac{g}{mol}}} = \frac{0.1}{40} = 0.0025 mol$$

تعوض في قانون Q_{SP} .



$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2} + C_2O_4^{-2}$$

$$Q_{SP} = [Ca^{+2}][C_2O_4^{-2}]$$

$$Q_{SP} = 0.0025 \times 1 \times 10^{-7}$$

$$= 25 \times 10^{-11}$$

$$K_{SP} = 10^{-PK_{sp}} = 10^{-8.64} \times 10^{9} \times 10^{-9}$$

$$= 10^{0.36} \times 10^{-9} = 2.3 \times 10^{-9}$$

∴ لا يحصل الترسيب لأن الاتجاه امامي (ذوبانية) $K_{SP} = 2.3 \times 10^{-9} > Q_{SP} = 2.5 \times 10^{-10}$

س (3-5): اختر الجواب الصحيح:

1- أن عدد مليغرامات يودات الباريوم $M = 487\ g/mole$ و $K_{SP} = 1.57 \times 10^{-9}$ التي يمكن ان تذوب في 150 mL من الماء النقي هي:

A- (34.4 mg)   B- (44.4 mg)   C- (53.4 mg)

2- التراكيز المولارية لأيونات Na^{+} و SO_4^{-2} في محلول مائي من كبريتات الصوديوم تركيزه يساوي 0.4 M هي:

A- $SO_4^{-2} = 0.4\ M$ و $Na^{+} = 0.4\ M$

B- $SO_4^{-2} = 0.4\ M$ و $Na^{+} = 0.2\ M$

C- $SO_4^{-2} = 0.4\ M$ و $Na^{+} = 0.8\ M$

log5 = 0.7

3- قيم PH و POH لمحلول 0.05M هيدروكسيد الصوديوم هي:

A- POH = 12.7 و PH = 1.3

B- POH = 7.0 و PH = 7.0

C- POH = 1.3 و PH = 12.7

log5 = 0.7

4- أن قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم المائية بتركيز 0.5M تساوي:

A- 7.00   B- 9.22   C- 4.78

سؤال خارجي: أكمل الفراغات في الجدول الآتي:

الملح	الذوبانية	K_{SP}	PK_{SP}
Ag_2S	$10^{-17} \times 3.9$	$10^{-50} \times 6.0$	49.22
MgC_2O_4	1.05 (g/L)	$10^{-5} \times 8.7$	4.06
Sb_2S_3	10^{-19} (mol / L×1.35)	$10^{-94} \times 3.23$	93.5
$ZnSO_4$	0.02 (g/L)	$10^{-8} \times 1.54$	7.8

تمرين (3-24): احسب PH لمحلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 قبل وبعد إضافة 1ml منه الى لتر من محلول مشبع من $PbSO_4$ لتتغير ذوبانية المحلول المشبع من 1.26×10^{-4} M الى 3.2×10^{-6} .

ج:

نحسب K_{SP} من ذوبانية المحلول المشبع

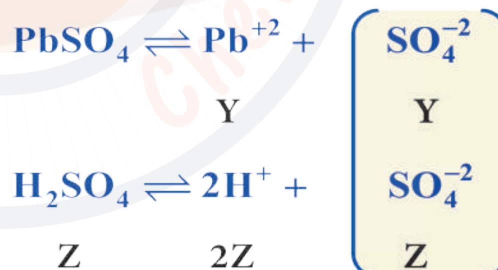


$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$
$$K_{SP} = S \times S = S^2$$
$$K_{SP} = (1.26 \times 10^{-4})^2$$
$$K_{SP} = 1.6 \times 10^{-8}$$

الان نجد تركيز H_2SO_4 بعد الإضافة



$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

Y Y



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

Z 2Z Z

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$Z = \frac{K_{SP}}{Y}$$

$$Z = \frac{1.6 \times 10^{-8}}{3.2 \times 10^{-6}}$$

$$Z = 0.5 \times 10^{-2}$$

$Z = 0.005$ M $= [H_2SO_4]$ بعد الإضافة

الان نحسب $[H_2SO_4]$ قبل الإضافة

V محلول مشبع

$$1\cancel{L} \times 1000mL / \cancel{L} = 1000mL$$

V_1M_1 (قبل الإضافة) = V_1M_1 (بعد الإضافة)

$$1\ ml \times M_1 = 1000\ ml \times 0.005\ M$$

$M_1 = 5$ M $[H_2SO_4]$ قبل الإضافة

حساب الـ PH

أولاً: قبل الإضافة

$$[H^+] = 5 \times 2 = 10M$$
$$PH = -LogH$$
$$PH = -Log10$$
$$PH = -1$$

ثانياً: بعد الإضافة

$$[H^+] = 0.005 \times 2 = 0.01M = 10^{-2}$$
$$PH = -LogH$$
$$PH = -Log10^{-2}$$
$$PH = 2$$

تمرين (3-23): محلول مشبع من $Mg(OH)_2$ وحجمه 1 لتر ومحلول اخر مشبع من $Zn(OH)_2$ وحجمه 1 لتر ما عدد مولات NaOH الواجب اضافتها الى احد المحلولين كي تصبح ذوبانية المحلولين متساوية.

علماً ان: $\sqrt[3]{3} = 1.44$ ، $\sqrt[3]{0.4} = 0.73$ ، $K_{SP\ Zn(OH)_2} = 1.2\times10^{-17}$ ،

$K_{SP\ Mg(OH)_2} = 1.6\times10^{-12}$

ج:



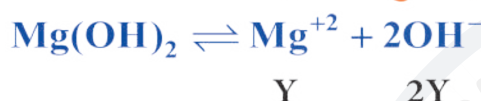
$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$
$$\quad\quad S \quad\quad 2S$$

$$K_{SP} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$
$$K_{SP} = S(2S)^2$$
$$K_{SP} = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{K_{SP}}{4}$$
$$S^3 = \frac{1.6\times10^{-12}}{4}$$
$$S^3 = 0.4\times10^{-12}M$$ نأخذ الجذر التكعيبي
$$S = 0.73\times10^{-4}M$$
$$S = 7.3\times10^{-5}M$$

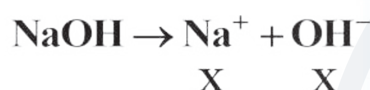


$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$K_{SP} = S(2S)^2$$
$$K_{SP} = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{K_{SP}}{4}$$
$$S^3 = \frac{1.2\times10^{-17}}{4} = \frac{12\times10^{-18}}{4}$$
$$S^3 = 3\times10^{-18}M$$ نأخذ الجذر التكعيبي
$$S = 1.44\times10^{-6}M \quad (Y)$$

الان نضيف NaOH الى المحلول الأكبر ذوبانية كي تتساوى ذوبانيته مع الأصغر.



$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$
$$\quad\quad Y \quad\quad 2Y$$



$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$
$$\quad\quad X \quad\quad X$$

$$K_{SP} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$
$$K_{SP} = [Y][2Y + X]^2$$
($2Y$) يهمل

$$X^2 = \frac{K_{SP}}{Y}$$
$$X^2 = \frac{1.6\times10^{-12}}{1.44\times10^{-16}}$$
$$X^2 = 1.1\times10^{-6}$$
$$X = 1\times10^{-3}M = 0.001mol$$

لان الحجم لتر واحد



الأسئلة الاثرائية

سؤال خارجي: محلول الأمونيا حجمه لتر واحد ودالته الحامضية 11 ودرجة تفكك الأمونيا فيه 0.02 احسب PH المحلول بعد إضافة 0.1M من كلوريد الأمونيوم إليه.

ج:



سؤال خارجي: ما تركيز القاعدة الضعيفة إذا كانت النسبة المئوية لتأينها في محلولها المائي تساوي 0.1% وثابت التأين لها يساوي 1.8×10^{-9} ؟

ج:



سؤال خارجي: احسب تركيز القاعدة القرينة الناتجة من تفكك حامض HF ذو تركيز 0.2M إذا علمت أن ثابت تأين الحامض يساوي 4.9×10^{-10} ؟

ج:



سؤال خارجي: ما التركيز الواجب إضافته من حامض HCl حجمه 1mL إلى لتر من محلول منظم مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1M وخلات الصوديوم بتركيز 0.2M علماً بأن K_a يساوي 1.3×10^{-5} و $log2 = 0.3$ و PH المحلول يساوي 5؟

$Log\ 1.8 = 0.26$

ج:



سؤال خارجي: ذوبانية ملح $BaSO_4$ في محلوله المائي تساوي 10^{-4} M كم مليلتر من حامض الكبريتيك يجب إضافته بتركيز 10M إلى لتر من محلول $BaSO_4$ لتصبح الذوبانية للملح بعد الإضافة تساوي 10^{-6}M؟

ج:



سؤال خارجي: ما التركيز الواجب إضافته من $Ca(OH)_2$ إلى محلول مكون من حامض ضعيف تركيزه 0.1M وملحه المشتق منه بتركيز 0.2M لتتغير قيمة PH المحلول بمقدار 0.08 علماً بأن $P_{Ka} = 4.74$ و $\log 2.4 = 0.38$

ج:



سؤال خارجي: محلول منظم يحتوي حامض ضعيف وملحه المشتق منه لهما نفس التركيز أضيف NaOH بتركيز 5M وحجم 2mL فكان PH المحلول بعد الإضافة يساوي 4.82 ما تركيز كل من الحامض والملح في المحلول؟

علماً أن $P_{Ka} = 4.74$

ج:



سؤال خارجي: احسب درجة تأين محلول حامض HCN ذو التركيز 0.2M ثم احسب درجة التأين لنفس الحامض بعد إضافة 0.01M من حامض HCl إلى لتر منه إذا علمت أن $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$ ؟

ج:



سؤال خارجي: احسب الأس الهيدروجيني لمحلول مكون من حامض ضعيف تركيزه 0.1M وملحه المشتق بتركيز 0.4M إذا علمت أن النسبة المئوية لتأين الحامض تساوي 0.01% ؟

ج:






قوانين الفصل الثالث



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[HN_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

% لتأين الحامض الضعيف = $\frac{[H^+]}{[\text{الحامض}]} \times 100\%$

% لتأين القاعدة الضعيفة = $\frac{[H^+]}{[\text{القاعدة}]} \times 100\%$

$PH = -\log[H^+]$ $\quad$ $[H^+] = 10^{-PH}$

$POH = -\log[OH^-]$ $\quad$ $[OH^-] = 10^{-POH}$

$PH + POH = 14$ $\quad$ $K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$




قوانين الاملاح



$$PH = \frac{1}{2}[PK_W + PK_a + \log C]$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{c}}$$



لحساب الدالة الحامضية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_W + PK_b + \log C]$$

ولحساب $[H^+]$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times c}{K_b}}$$

قوانين بفر قبل اضافة القوي

1- حامض ضعيف وملحه (بفر الحامضي)

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

2- قاعدة ضعيفة وملحها (بفر القاعدي)

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

أهمية محلول بفر (فعل بفر) بعد الاضافة

مقاومة التغير في PH محلوله عند إضافة كميه صغيرة (V_1 قليل ، M_1 عالي) من حامض قوي أو قاعدة قوية إليه.

خطوات حل مسائل بفر بعد إضافة القوي

1- يتم إيجاد تركيز القوي بعد الإضافة (M_2) إلى بفر باستخدام قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$.

2- يتم إيجاد تركيز الجزء الفعال الناتج من تأين القوي المخفف ثم يعوض في قانون بفر حسب نوعه.

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

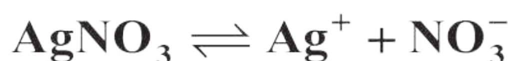
$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

مهم: عندما يهمل حجم القوي المضاف إلى بفر في السؤال فهذا يدل على أن تركيزه الموجود في السؤال يمثل التركيز بعد الإضافة ($M_1 = M_2$) .

حاصل الذوبان للأملاح K_{SP}



$$AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$$

$$K_{SP} = [Ag^+][NO_3^-]$$

أ.خالد الدليمي 07813351668

Notes:

Notes: